



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS PARA  
CONEXIONES EN RED MODBUS CONTROLADAS POR LabVIEW “**

**ROCÍO CUMANDÁ MARTÍNEZ SALAS**

**TESIS DE GRADO  
Previa a la obtención del Título de:  
INGENIERA DE MANTENIMIENTO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2009**

# CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

## CONSEJO DIRECTIVO

2008 Julio 28

Fecha


Yo recomiendo que la tesis preparada por:

**ROCÍO CUMANDÁ MARTÍNEZ SALAS**

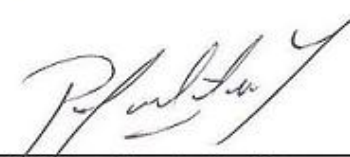
Nombre del Estudiante

Titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS PARA CONEXIONES EN RED MODBUS CONTROLADAS POR LabVIEW".


Sea aceptada como parcial complementación de los requisitos para el grado de:  
**INGENIERO DE MANTENIMIENTO.**

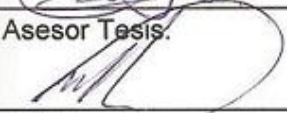
  
f) Decano de la Facultad de Mecánica.

Yo coincido con esta recomendación:

  
f) Director de Tesis

Los miembros del comité de Examinación coincidimos con esta recomendación:

  
f) Asesor Tesis.

  
f) Asesor Tesis.

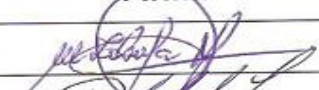
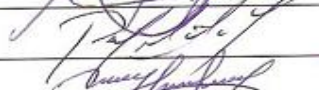


## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

Nombre del estudiante: **ROCÍO CUMANDÁ MARTÍNEZ SALAS**

TÍTULO DE LA TESIS: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS PARA CONEXIONES EN RED MODBUS CONTROLADAS POR LabVIEW"**.

Fecha de Examinación: 2008 julio 28

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN

Comité de Examinación	Aprueba	No aprueba	Firma
Ing. Washington Zabala M.	✓		
Ing. Pablo Montalvo J	✓		
Ing. Marco Santillán G.	✓		
Dr. Marco Haro M.	✓		

Más que un voto de no aprobación es condición suficiente para la falla total.

### RECOMENDACIONES:

---




---



---

El presidente del tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de defensa se ha cumplido.

  
f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



---

Rocio Cumandá Martínez Salas



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS, por permitirme ver cristalizados mis sueños profesionales.

Al Director de mi tesis Ing. Pablo Montalvo y a los Asesores Dr. Marco Santillán, Ing. Marco Haro, quienes orientaron todo este proyecto el mismo que llegó a una feliz culminación.

A mis queridos padres Carlos y María quienes con todo su amor, dedicación, buenos consejos han sabido guiarme por el camino correcto. A mis hermanos María, Carlos, Ana y Lola por todo el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mi amado esposo Robert y a mis hijas por su cariño, amor y comprensión en los momentos difíciles de mi vida siendo la fuerza que me empuja para salir adelante.

A todos las personas allegadas a mí, quienes con una palabra, un gesto han sembrado en mí la fuerza para seguir adelante.

**Rocío Cumandá Martínez Salas**

## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi querido **Padre** a quien siempre recuerdo con todo mi amor por su forma de ser, por los consejos que me daba y sobre todo porque era el **amigo** con el cual siempre se podía contar.

**Rocío Cumandá Martínez Salas**

## TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
2. REDES.....	3
2.1 Definición de Red.....	3
2.2 Tipos de Redes.....	3
2.2.1 Redes Locales.....	3
2.2.2 Redes Metropolitanas.....	4
2.2.3 Redes de Área Amplia.....	4
2.3 Topologías de Redes.....	4
2.3.1 Tipos de Topologías.....	4
2.4 Protocolo de Comunicación.....	6
2.4.1 Descripción del modelo OSI.....	6
2.5 Tecnología y Protocolo de Red.....	10
2.5.1 Protocolos de Red en la Capa de Aplicación.....	10
2.5.2 Protocolos de Red de la Capa de Presentación.....	10
2.5.3 Protocolo de Red en la Capa de Sesión.....	11
2.5.4 Protocolo de Red en la Capa de Transporte.....	11
2.5.5 Protocolo de Red en la Capa de Red.....	12
2.5.6 Protocolo de Red en la Capa de Enlace de Datos.....	12
2.5.7 Protocolo de Red en la Capa de Físico.....	13
2.6 Protocolo Modbus.....	13
2.6.1 Redes Modbus.....	14
2.6.2 Estructura de la Red.....	15
2.6.3 Variables de Modbus.....	15
2.6.4 Modbus TCP/IP.....	16
2.6.5 Presentación del Sistema Modbus TCP/IP.....	17
2.6.6 Descripción de las Funciones del Protocolo.....	17
2.7 Automatización.....	19
2.7.1 Sistemas Automatizados.....	19
2.7.2 Autómatas.....	20
2.7.3 Partes Principales de un Sistema Automatizado.....	21
2.7.4 Elementos Básicos de un Sistema Automatizo.....	24
2.7.5 Tipos de Automatizaciones.....	27
2.8 Labview.....	28
2.8.1 Principales Características.....	29
2.8.2 Principales Funciones.....	29
2.8.3 Principales Usos.....	30

2.8.4	Programas en Labview.....	31
2.8.4.1	Panel Frontal.....	32
2.8.4.2	Diagrama de Bloque.....	32
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO DEL BANCO.....</b>	<b>33</b>
3.1	Determinación y Selección de Elementos para el Banco de Ensayos.....	34
3.2	Determinación y selección de los elementos del banco de ensayos.....	34
3.3	Elementos y Componentes del Banco de Ensayo.....	34
3.3.1	Elementos.....	35
3.3.1.1	PLC ( modelo EZPLC-A-32E).....	35
3.3.1.2	Módulos.....	36
3.3.1.3	Sensores.....	39
3.3.1.4	Ruteador.....	44
3.3.1.5	Computador.....	45
3.4	Montaje del Banco de Pruebas.....	45
3.4.1	PLC y Módulos .....	45
3.4.2	Sensores y Conexión de Cables.....	49
3.4.2.1	Sensores Analógicos.....	49
3.4.2.2	Sensores Digitales.....	50
3.4.3	Funcionamiento del Banco de Ensayo.....	52
3.4.4	Software para el Programa del PLC .....	54
3.4.5	Software para Programar Labview.....	60
3.4.6	Diagrama del Montaje del Banco de Ensayos.....	72
3.5	Guía de Prácticas de laboratorio.....	75
<b>4.</b>	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>80</b>
4.1	Elaboración del Plan de Mantenimiento.....	80
4.2	Mantenimiento Mensual.....	80
4.3	Mantenimiento Semestral.....	81
4.4	Mantenimiento Anual.....	82
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
5.1	Conclusiones.....	84
5.2	Recomendaciones.....	85
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>7.</b>	<b>LINKOGRAFÍA</b>	
<b>8.</b>	<b>ANEXOS</b>	

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2. 1 Niveles del modelo OSI.....	7
3. 1 Especificaciones del PLC (modelo EZPLC-A-32E).....	35
3. 2 Especificaciones del módulo EZIO-A4CI4RLO.....	36
3. 3 Información de los Pines del Módulo EZIO-A4CI4RLO.....	36
3.4 Información de los Pines del Módulo EZIO-A4NI4ANOV.....	37
3.5 Especificaciones del Módulo EZIO-A4NI4NOV.....	37
3.6 Especificaciones del Módulo EZIO-4THIE .....	38
3.7 Información de los Pines del Módulo EZIO-4THIE. ....	38
3.8 Especificaciones del sensor de temperatura.....	39
3.9 Especificaciones de Termocuplas.....	39
3.10 Tipos de Termocupla, Valores Soportados y Valores de Error.....	40
3.11 Especificaciones Generales del Sensor de Presión.....	40
3.12 Salida de Voltaje y Salida de Corriente.....	41
3.13 Fuente de Poder no Regulada PSU-93.....	41
3.14 Especificaciones del Sensor Final de Carrera.....	41
3.15 Rangos de Carga no Inductiva.....	42
3.16 Rangos de Carga Inductiva.....	42
3.17 Especificaciones del Sensor Fotoeléctrico.....	43
3.18 Especificaciones del Sensor de Nivel .....	44
3.19 Rango de Voltaje y Corriente del Sensor.....	44
3.20 Programación/Comunicación del Puerto Habilitado al Switch del Sistema RS232.....	48
3.21 Correr el PLC/Sistema de Programa de Switch.....	48
3.22 Lectura de Entradas Discretas.....	65
3.23 Posición del Arreglo.....	65
3.24 Lectura de Registros de Entradas.....	65
3.25 Posición del Arreglo. ....	67
3.26 Lectura de Salidas Discretas.....	68
3.27 Posición del Arreglo.....	68
4.1 Mantenimiento Mensual.....	81
4.2 Mantenimiento Semestral.....	82
4.3 Mantenimiento Anual.....	83

## LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURAS</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Configuración en Bus.....	4
2.2 Configuración en Anillo.....	5
2.3 Configuración en Estrella.....	5
2.4 Configuración Árbol.....	5
2.5 Configuración en Malla.....	6
3.1 Controlador Lógico Programable (PLC modelo EZPLC-A-32E).....	35
3.2 Numeración de Pines del Módulo EZIO-4ACI4RLO.....	36
3.3 Numeración de los Pines del Módulo EZIO-A4NI4ANOV.....	37
3.4 Especificaciones del Módulo EZIO-4THIE.....	38
3.5 Ruteador Modelo DIR-300.....	44
3.6 Computador.....	45
3.7 PLC y Acoplamiento del Módulo.....	45
3.8 Módulo del PLC.....	46
3.9 Batería del PLC.....	46
3.10 Programa que se Almacena en el PLC .....	46
3.11 Conexiones para Ethernet RS422/1485 y Devicenet/Profibus.....	47
3.12 Conexiones de DC.....	47
3.13 Ubicación de los Switch.....	47
3.14 Módulo EZIO-4ANI4ANOV.....	48
3.15 Módulo EZIO-4ACI4RLO.....	49
3.16 Módulo EZIO-4THIE.....	49
3.17 Sensor de Presión.....	50
3.18 Sensor de Temperatura.....	50
3.19 Sensor Final de Carrera.....	51
3.20 Sensor Fotoeléctrico.....	51
3.21 Sensor de Nivel.....	52
3.22 Seleccionar la Acción.....	54
3.23 Nombre y Configuración del Programa.....	55
3.24 Configuración de los Módulos.....	56
3.25 Ubicación del Puerto.....	56
3.26 Programa para el Funcionamiento de los Sensores .....	57
3.27 Configuración para el Ruteador.....	58
3.28 Escribir el Programa en el PLC.....	59
3.29 Dirección de IP.....	60



3.30	Panel Frontal.....	61
3.31	Capa VI 0.....	62
3.32	Capa VI 1.....	62
3.33	Capa sub VIs 0.....	63
3.34	Capa sub VIs 1.....	64
3.35	Capa sub VIs 2.....	64
3.36	Capa sub VIs 3.....	66
3.37	Capa sub VIs 4.....	67
3.38	Capa sub VIs 5.....	69
3.39	Capa sub VIs 6.....	70
3.40	Capa VI 2.....	70
3.41	Cambio de Posición en el Diagrama de Bloque.....	71
3.42	Cambio de Posición en el Panel Frontal.....	71
3.43	Circuito de Mando del Banco de Ensayos.....	72
3.44	Circuito de Potencia del Banco de Ensayo.....	73
3.45	Elementos del Banco de Ensayos.....	74

## LISTA DE ABREVIACIONES

MAN	Redes Metropolitanas
WAN	Red de Área Amplia
OSI	Sistema Abierto Interconectado
POP	Protocolo de Correo
SMTP	Protocolo Simple de Transferencia de Correo
FTP	Protocolo de Transporte de Archivo
DNS	Sistema de Dominio de Archivo
HTTP	Protocolo de Transferencia de Hipertexto
POP3	Protocolo de Correo
IMAP	Protocolo de Acceso a Mensajes de Internet
NTP	Protocolo de Tiempo de Red
SNMP	Protocolo Simple de Administración de Red
MIME	Extensiones de Correo Multipropósito de Internet
SSL/TLS	Capa de Conexión Segura /Seguridad de la Capa de Transporte
XDR	Representación Externa de Datos
NetBIOS	Sistema de Entrada/Salida Básicas de Red
DCE RPC	Llamada de Procedimiento Remoto
SCTP	Protocolo de Transmisión de Control de Flujo
TCP	Protocolo de Control de Transporte
UDP	Protocolo Datagrama del Usuario
IP	Protocolo de Internet
NetBEUI	Protocolo de Nivel de Red sin Encaminamiento
ATM	Modo de Transferencia Asincrónica
WI-FI	Conjunto de Estándares para Redes Inalámbricas
HDLC	Control de Datos a Alto Nivel
PPP	Protocolo Punto a Punto
ETHERNET	Tecnología de Red de Computadoras
RS-232	Interfaz que Asigna una Norma para el Intercambio de Datos Binarios
ETD	Equipo Terminal de Datos
ETCD	Equipo de Comunicación de Datos

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1:	Instalación del Módulo EZI/O y Cableado
ANEXO 2:	Empotrado del Relé Electromagnético
ANEXO 3:	Voltaje dentro y fuera del Módulo en 4 pt.
ANEXO 4:	Interruptor Limite de Precisión E47
ANEXO 5:	Series de Sensores Fotoeléctricos
ANEXO 6:	Documento de Certificación de 0 a 5 VDC serie A012503
ANEXO 7:	Manual de Suministro de Energía
ANEXO 8:	Instrucciones para la Serie de Sensores de reflejo
ANEXO 9:	Entrada del Sensor de Temocupla

## SUMARIO

En el presente proyecto investigado, desarrollado, y construido, ha sido posible una IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS PARA CONEXIONES EN RED MODBUS CONTROLADAS POR LABVIEW. El mismo será utilizado en el Laboratorio como material didáctico y en prácticas. Se proporciona al estudiante mayores conocimientos sobre automatización con unidades PLC (controlador lógico programable). Esto incluye sistemas sobre comunicación como es el protocolo Modbus TCP/IP (protocolo control transmisión/protocolo internet), mediante el cual se ha logrado una intercomunicación entre los distintos elementos que constituyen el equipo.

Actualmente los sistemas automatizados se encuentran en todos los procesos industriales, siendo necesario profundizar en el manejo y aprendizaje sobre sistemas controlados.

Al manejar o controlar el equipo se debe contar con un computador con conexión a red o tarjeta inalámbrica, y el software de instalación del PLC con el cual se configura sus componentes. Información se almacena en el computador y, mediante un cable serial, en el PLC. Luego se conecta el computador y el PLC a un ruteador, logrando así comunicación entre los sistemas. Los distintos resultados pueden ser visualizados en el programa LabVIEW.

Utilizando los equipos mencionados previamente, se realizó prácticas sobre medición en diversos materiales, obteniendo lecturas exactas en sensores analógicos (temperatura, presión) y sensores digitales (fotoeléctrico, final de carrera, nivel). Los resultados se registraron en el PLC, y se transmitieron mediante Modbus al programa LABView.

Estos estudios demuestran que se puede controlar las diferentes circunstancias que causan fallas en los equipos mediante una alerta en LabView, dando así una pronta solución.

## SUMMARY

The present project investigated, developed and built, has been an implementation of a test CONNECTIONS FOR NETWORK CONTROLLED BY MODBUS LabVIEW, the same will be used in the laboratory for teaching materials and practices. It provides the student with more knowledge about automation units PLC (programmable logic controller). This includes systems such as the communication protocol Modbus TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet protocol), which has achieved an intercommunication between the various elements that constitute the equipment.

Currently, automated systems are found in all industrial processes, being necessary to deepen the learning about management control systems.

To manage or control the equipment, one must have a computer with network connection or a wireless card, and software installation for the PLC which is used to configure its components. Information is stored on the computer and, through a serial cable, in the PLC. Then connect the computer and the PLC to a router, thus achieving communication between systems. The different results can be displayed in the LabVIEW program.

Using the equipment mentioned above, we conducted measurement practices in various materials, obtaining accurate readings in analog sensors (temperature, pressure) and digital sensors(photoelectric, end of career, level). The results were recorded in the PLC, and were transmitted by Modbus to the program LabVIEW.

These studies show that you can control the different conditions that cause failures in equipment through an alert on LabView, thus providing a prompt solution.

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUCCIÓN.

#### 1.1 Antecedentes.

En la actualidad por el constante desarrollo tecnológico se requiere de sistemas automatizados para facilitar el funcionamiento de nuevos equipos así como la implementación de programas de mantenimiento para alargar la vida útil de los mismos, bajo esta premisa el proyecto está dirigido al análisis, desarrollo y construcción de un banco de ensayos para conexiones en red Modbus controlada por LabVIEW en base a los datos obtenidos y teóricos adquiridos que permitirán una disponibilidad adecuada del sistema.

La maquinaria y equipos industriales que conforman la industria ecuatoriana cada vez más son automatizadas, lo que implica que las instituciones de Educación Superior deben entregar profesionales con sólidos conocimientos en esta área.

La Facultad de Mecánica a través de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento ha hecho un importante esfuerzo para alcanzar equipamiento especializado en automatización, sin embargo existe deficiencia en cuanto a las formas de comunicación entre equipos controlados y siendo de aplicación general en control de redes Modbus, creo conveniente construir un banco de ensayos para conexiones en red Modbus controladas por LabVIEW.

Este banco de ensayos permitirá simular redes de comunicación para control industrial con diferentes equipos y analizando variables como nivel, posición, presión, temperatura, entre otros, que se encuentran presentes en la mayoría de procesos industriales.

El banco de pruebas también permitirá realizar diferentes ensayos enlazando varios elementos controlados simulando procesos reales de control.

El presente banco de ensayo es una proyección hacia el campo industrial y tecnológico a través de los cuales se logrará adiestras al estudiante en el campo de la automatización.

#### 1.2 Justificación.

A medida que el hombre desarrolla nuevas maneras para mejorar la calidad de vida diaria, se puede contar con diversos sistemas automatizados para facilitar las labores cotidianas por medio de las cuales se logra optimizar tiempo, costos de operación y mantenimiento entre otros.

Los sistemas automatizados en la actualidad se han desarrollado una amplia variedad de procesos y procedimientos que operan como mínima o sin intervención del ser humano. En los más



modernos sistemas de automatización, el control de maquinas es realizado por ellas mismas gracias a sensores de control que le permiten percibir cambios en sus alrededores de ciertas condiciones tales como temperatura, presión posición, nivel y otros sensores los cuales le permiten a la máquina realizar los ajustes necesarios para poder compensar estos cambios, y una gran mayoría de las operaciones industriales de hoy se realizan con sistemas automatizados.

### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

- Implementar un banco de ensayos para conexiones en red Modbus controladas por LabVIEW.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Identificar los protocolos de comunicación entre equipos controlados.
- Determinar los equipos, nodos de control, y establecer las redes de comunicación.
- Realizar el montaje del banco de pruebas.
- Desarrollar pruebas de funcionamiento y ajustes.
- Establecer guías de prácticas de laboratorio.
- Elaborar un plan de mantenimiento para el banco de ensayo.

## CAPÍTULO II

### 2 REDES

#### 2.1 Definición de red.

En términos de tecnologías de información, una red es una serie de puntos o nodos interconectados por algún medio físico de comunicación. Se ha dicho muchas veces que el futuro de la informática está en las comunicaciones.

Esta afirmación bastante obvia que hoy tiene ya sentido pleno. La intercomunicación entre equipos permite no sólo el intercambio de datos, sino también compartir recursos de todo tipo.<sup>1</sup>

Las redes son el soporte para estas conexiones y, según el objeto de definición, la terminología es variada. La topología más común, o configuración general de redes, incluye el bus, la estrella y el anillo. Las redes se pueden clasificar también en términos de la separación física entre nodos, como redes de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN), y redes de área amplia (WAN).

Una cierta clase de redes puede también ser clasificada por el tipo de tecnología de la transmisión de datos que se emplea.

Por ejemplo, una red TCP/IP (Protocolo de control de transporte/Protocolo de internet), o una red del tipo SNA (Arquitectura de sistemas de redes), si transporta voz, datos, o ambas clases de señales, por quién puede utilizar la red (pública o privada), por la naturaleza de sus conexiones (conmutada, dedicada o no dedicada, o por conexión virtual), y por los tipos de conexiones físicas (por ejemplo, fibra óptica, cable coaxial, y par trenzado sin blindaje).

Las grandes redes de telefonía y las redes que usan su infraestructura (tal como el Internet) disponen de acuerdos para compartir e intercambiar recursos con otras compañías para formar redes mucho más grandes.

#### 2.2 Tipos de red.

Existen principalmente tres tipos de redes de computación.<sup>2</sup>

##### 2.2.1 Redes locales.

A las redes locales se las conoce como (LAN), las mismas que son usadas para comunicarse un grupo de computadoras en un área geográfica pequeña, en general en edificios o en conjunto de edifi-

---

<sup>1</sup> [www.informaticamilenium.com](http://www.informaticamilenium.com). Principales definiciones de los términos más usados en internet.

<sup>2</sup> [www.angelfire.com](http://www.angelfire.com). Tipos de redes

cios cerrados. Esta red son propias de quien las opera administra, y no utilizan una facilidad publica de comunicación.

### **2.2.2 Redes metropolitanas.**

A estas redes se las conoce también como (**MAN**), es una red que cubre por lo general un área geográfica restringida a las dimensiones de una ciudad.

Este tipo de red usualmente está compuesta por interconexiones de varias redes locales y utilizan algunas facilidades públicas de comunicación de datos. Existen problemas en esta red que son similares a las de la red local, además de la complejidad que origina la interconexión de varias redes a través de alguna facilidad pública de comunicación de datos

### **2.2.3 Redes de área amplia.**

La red de área amplia, denominada también (**WAN**), este tipo de redes cubre un área geográfica extensa es decir muy grande, del tamaño de un país o incluso del mundo entero, como ejemplo tenemos la red de internet.

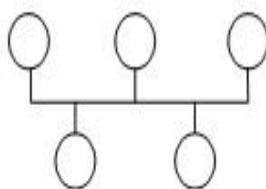
## **2.3 Topología de red.**

Al mencionar las topologías de redes, debemos hacer referencia a la forma geométrica en que están distribuidas las estaciones de trabajo y los cables que las conectan. Su objetivo es buscar la forma más económica y eficaz de conexión para, al mismo tiempo, aumentar la fiabilidad del sistema, evitar los tiempos de espera en la transmisión, permitir un mejor control de la red y lograr de forma eficiente el aumento del número de las estaciones de trabajo.

Las topologías de red existen de diferentes tipos las mismas que a continuación se indican para su mejor comprensión, aquí se expone las más comunes que existen y su representación gráfica que tiene.<sup>3</sup>

### **2.3.1 Tipos de topologías.**

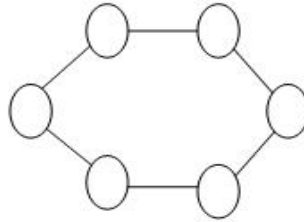
**Configuración en Bus.-** La estación está conectada en un único canal de comunicación.



**Figura 2.1. Configuración en Bus.**

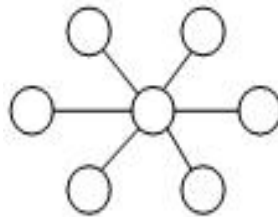
<sup>3</sup> Lic. SUAREZ, Ivis. Las redes informáticas, [www.monografia.com](http://www.monografia.com).

**Configuración en Anillo.-** Las estaciones se conectan formando anillos. Cada una está conectada a la siguiente y la última está conectada a la primera.



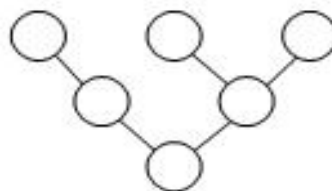
**Figura 2.2. Configuración en Anillo.**

**Configuración en Estrella.-** Las estaciones están conectadas directamente al servidor y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de él.



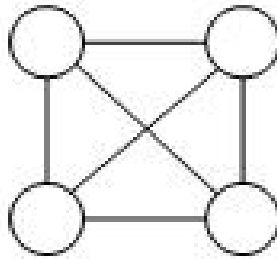
**Figura 2.3. Configuración en Estrella.**

**Configuración en Árbol.-** En esta topología los nodos están conectados en forma de árbol. Desde una visión topológica, esta conexión es semejante a una serie de redes en estrella interconectadas.



**Figura 2.4. Configuración en Árbol.**

**Configuración en Malla.-** En esta topología se busca tener una conexión física entre todos los equipos de la red, utilizando conexiones punto a punto lo que permitirá que cualquier equipo se comunique con otro de forma paralela si fuera necesario.



**Figura 2.5 Configuración en Malla.**

## **2.4 Protocolo de comunicación.**

El protocolo de comunicación está definido por dos niveles o capas:

La primera define las propiedades del mensaje la delimitación de su inicio y su fin.

La segunda describe el contenido del mensaje.

### **2.4.1 Descripción del modelo OSI.**

El término OSI (Sistema Abierto Interconectado) es el nombre dado a un conjunto de estándares para la interconexión de sistemas abiertos.<sup>4</sup>

OSI es un modelo de 7 capas, donde cada capa define los procedimientos y las reglas (protocolos normalizados) que los subsistemas de comunicaciones deben seguir, para poder comunicarse con sus procesos correspondientes de los otros sistemas.

Esto permite que un proceso que se ejecuta en un equipo pueda comunicarse con un proceso similar en otro equipo si tienen implementados los mismos protocolos de comunicaciones de capas OSI.

### **Funciones de las Capas o niveles del modelo OSI.**

El modelo de referencia OSI en sus capas o niveles realiza diversas funciones en cada una de ellas las mismas que son:

---

<sup>4</sup> [www.wikipedia.org.com](http://www.wikipedia.org.com). Modelo OSI.

### Capas de aplicación.

Ofrece a las aplicaciones (de usuario o no) la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico POP (protocolo de correo) y SMTP (Protocolo simple de transferencia de correo), gestores de bases de datos y servidor de ficheros FTP (Protocolo de transporte de archivos).

Existen tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones. El protocolo Modbus también está situado a este nivel.

### Capas de presentación.

El objetivo de la capa de presentación es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres números, sonido o imágenes, los datos lleguen de manera reconocible.

### Capas de nivel de sesión.

Provee mecanismos para organizar y estructurar diálogos entre procesos de aplicación. Actúa como un elemento moderador capaz de coordinar y controlar el intercambio de los datos. Controla la integridad y el flujo de los datos en ambos sentidos.

Nivel	Descripción
Aplicación	El nivel de aplicación es el destino final de los datos donde se proporcionan los servicios al usuario.
Presentación	Se convierten e interpretan los datos que se utilizarán en el nivel de aplicación.
Sesión	Encargado de ciertos aspectos de la comunicación como el control de los tiempos.
Transporte	Transporta la información de una manera fiable para que llegue correctamente a su destino.
Red	Nivel encargado de encaminar los datos hacia su destino eligiendo la ruta más efectiva.
Enlace	Enlace de datos. Controla el flujo de los mismos, la sincronización y los errores que puedan producirse.
Físico	Se encarga de los aspectos físicos de la conexión, tales como el medio de transmisión o el hardware.

Tabla 2. 2 Niveles del modelo OSI.



**Capas de nivel de sesión.**

Provee mecanismos para organizar y estructurar diálogos entre procesos de aplicación. Actúa como un elemento moderador capaz de coordinar y controlar el intercambio de los datos. Controla la integridad y el flujo de los datos en ambos sentidos.

**Capas de nivel de transporte.**

Su función básica es aceptar los datos enviados por las capas superiores, dividirlos en pequeñas partes si es necesario y pasarlos a la capa de red.

En el caso del modelo OSI, también se asegura que lleguen correctamente al otro lado de la comunicación. Otra característica a destacar es que debe aislar a las capas superiores de las distintas posibles implementaciones de tecnologías de red en las capas inferiores, lo que la convierte en el corazón de la comunicación.

En esta capa se proveen servicios de conexión para la capa de sesión que serán utilizados finalmente por los usuarios de la red al enviar y recibir paquetes.

Esta capa asegura que se reciban todos los datos y en el orden adecuado. Realiza un control de extremo a extremo. Algunas de las funciones realizadas son:

- Acepta los datos del nivel de sesión, fragmentándolos en unidades más pequeñas en caso necesario y los pasa al nivel de red.
- Regula el control de flujo del tráfico de extremo a extremo.
- Reconoce los paquetes duplicados.

**Capas de nivel de red.**

El cometido de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan encaminadores, aunque es más frecuente encontrar el nombre inglés routers y, en ocasiones enrutadores.

- En esta capa se determina el establecimiento de la ruta.
- Esta capa mira las direcciones del paquete para determinar los métodos de conmutación y enrutamiento.

- Realiza control de congestión.

### **Capas de nivel de enlace de datos.**

Cualquier medio de transmisión debe ser capaz de proporcionar una transmisión sin errores, es decir, un tránsito de datos fiable a través de un enlace físico. Debe crear y reconocer los límites de las tramas, así como resolver los problemas derivados del deterioro, pérdida o duplicidad de las tramas.

También puede incluir algún mecanismo de regulación del tráfico que evite la saturación de un receptor que sea más lento que el emisor. La capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red, de la notificación de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.

En esta capa se determina también:

- Detección y control de errores.
- Control de secuencia.
- Control de flujo.
- Control de enlace lógico.

### **Capas de nivel físico.**

La Capa Física del modelo de referencia OSI es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red.

La misma que se refiere a lo siguiente:

Medio físico (medios guiados: cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica y otros tipos de cables), y (medios no guiados: radio, infrarrojos, microondas, láser y otras redes inalámbricas),

Características del medio (tipo de cable o calidad del mismo, tipo de conectores normalizados o en su caso tipo de antena, etc.)

La forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/intensidad de corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, etc.).

En el nivel físico se puede también determinar:

- Define las características físicas (componentes y conectores mecánicos).

- Define las características eléctricas (niveles de tensión).
- Define las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- Solamente reconoce bits individuales, no reconoce caracteres ni tramas multicaracter.

## **2.5 Tecnología y protocolo de red.**

Las tecnologías y protocolos de red más comunes en las siete capas se verán a continuación.<sup>5</sup>

### **2.5.1 Protocolos de red en la capa de aplicación.**

**DNS (Sistema de dominio de archivos).**- Es una base de datos capaz de asociar nombres de dominio a direcciones IP.

**FTP (Protocolo de transferencia de archivos).**- Es un protocolo de transferencia de archivos, realiza las funciones respectivas del protocolo.

**HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto).**- El protocolo de transferencia de hipertexto es el protocolo usado en cada transacción de la Web (WWW).

**POP3 (Protocolo de correo), IMAP (Protocolo de acceso a mensajes de internet), SMTP (Protocolo simple de transferencia de correo).** Accede y envía mensajes electrónicos almacenados en un servidor.

**NTP (Protocolo de tiempo de red).**- Sincroniza los relojes de los sistemas informáticos a través de ruteo de paquetes en redes con latencia variable.

**SNMP (Protocolo simple de administración de red).**- Es un protocolo que permite a los administradores supervisar el desempeño de la red.

### **2.5.2 Protocolos de red en la capa de presentación.**

**MIME (Extensiones de correo multipropósito de internet).**- Son una serie de convenciones o especificaciones dirigidas que se puedan intercambiar a través de internet todo tipo de archivos (texto, audio, vídeo, etc.) de forma transparente para el usuario.

**SSL/TLS (Capa de conexión segura/Seguridad de la capa de transporte).**- Protocolo criptógrafo que proporciona comunicaciones seguras en internet.

---

<sup>5</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com). Protocolos de red.

**XDR (Representación externa de datos).**- Permite la transferencia de datos entre máquinas de diferentes arquitecturas y sistemas operativos.

### **2.5.3 Protocolos de red en la capa de sesión.**

**NetBIOS, (Sistema de entradas/Salidas básicas de red).**- Enlaza un sistema operativo de red con hardware específico.

**DCE RPC (Llamada de procedimiento remoto).**- Es un sistema de llamada a procedimiento remoto del conjunto de software.

### **2.5.4 Protocolo de red en la capa de transporte.**

**SCTP (Protocolo de transmisión de control de flujos).**- SCTP es una alternativa a los protocolos de transporte TCP (Protocolo de control de transporte) y UDP (Protocolo datagrama del usuario) pues provee confiabilidad, control de flujo y secuenciación como TCP. Sin embargo, SCTP opcionalmente permite el envío de mensajes fuera de orden y a diferencia de TCP, SCTP es un protocolo orientado al mensaje (similar al envío de datagramas UDP).

**TCP (Protocolo de control de transporte).** - Es uno de los protocolos fundamentales en internet. Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por ordenadores pueden usar TCP para crear conexiones entre ellos a través de las cuales se envía un flujo de datos.

El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir diferentes aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto. TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de internet.

**UDP (Protocolo datagrama del usuario).**- Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas.

Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera.

Tampoco tiene confirmación, ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros, y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o de recepción.

Su uso principal es para protocolos como DHCP (protocolo de control de dinámico), y demás protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión son mayores, o no son

rentables con respecto a la información transmitida, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

#### **2.5.5 Protocolo de red en la capa de red.**

**IP (Protocolo de internet).**- El protocolo de internet es un protocolo no orientado a la conexión, usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de estos a través de una red (internet) de paquetes conmutados.

Los datos en una red que, se basa en IP, son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente).

En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

**NetBEUI (Protocolo de nivel de red sin encaminamiento).**- Es un protocolo de nivel de red sin encaminamiento.

Es utilizado como una de las capas en las primeras redes de Microsoft.

#### **2.5.6 Protocolo de red en la capa de enlace de datos.**

**ATM (Modo de transferencia asíncronica).**- El Modo de transferencia asíncrona es una tecnología de telecomunicación desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de transmisión para servicios y aplicaciones.

**Wi-Fi.**- Es un conjunto de estándares para redes inalámbricas. Creado para ser utilizado en redes locales inalámbricas, es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a internet.

**HDLC (Control de datos a alto nivel).**- Es un protocolo de comunicaciones de datos punto a punto entre dos elementos. Proporciona recuperación de errores en caso de pérdida de paquetes de datos, fallos de secuencia y otros.

**PPP (Protocolo punto a punto).**- Es un protocolo de nivel de enlace estandarizado. Por tanto, se trata de un protocolo asociado a la pila TCP/IP de uso en internet.

**Ethernet.**- Es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos.

Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

### **2.5.7 Protocolo de red en la capa de físico.**

**Cable coaxial.-** Se utiliza en redes de comunicación de banda ancha (cable de televisión) y cables de banda base (ethernet).

**Fibra óptica.-** Es ampliamente utilizada en telecomunicaciones a largas distancias, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran velocidad, mayores que las comunicaciones de radio y de cable. Igualmente son usadas para redes locales.

**Cable de par trenzado.-** Es uno de los tipos de cables de pares compuesto por hilos, normalmente de cobre, trenzados entre sí. Hay cables de 2, 4, 25 o 100 pares de hilos e incluso de más.

El trenzado mantiene estable las propiedades eléctricas a lo largo de toda la longitud del cable y reduce las interferencias creadas por los hilos adyacentes en los cables compuestos por varios pares.

**Red por microondas.-** Es un tipo de red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión.

**RS-232.-** Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un ETD (Equipo terminal de datos).

**ETCD (Equipo de comunicación de datos, equipo de terminación del circuito de datos).-** Aunque existen otras situaciones en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

En particular, existen ocasiones en que interesa conectar otro tipo de equipamientos, como pueden ser computadores.

Evidentemente, en el caso de interconexión entre los mismos, se requerirá la conexión de un ETD (Equipo terminal de datos) con otro ETD.

### **2.6 Protocolo modbus.**

Modbus es uno de los protocolos más populares de la automatización en el mundo.

Es un protocolo abierto de comunicación serie, utilizado para la comunicación entre diversos componentes se encuentra, situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicom para ser utilizado en controladores lógicos programables (PLCs).

Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar más utilizados en la industria, ya que presenta el método más común para interconectar dispositivos eléctricos industriales. Utilizado en



ambientes industriales, para escribir o leer bits o registros de 16 bits.<sup>6</sup>

El circuito debe soportar las características básicas del protocolo (direccionamiento, repertorio de comandos, tiempos entre caracteres, contadores de mensajes exitosos, etc.). La prueba se realizará con un software comercial de control de PLC.

Este protocolo permite tanto el intercambio de datos entre el PLC y la estación de supervisión, como la programación y cambio de parámetros del PLC. No obstante, se suele hablar de Modbus como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

El protocolo Modbus soporta tradicionalmente dispositivos RS-232/422/485 y dispositivos nuevamente desarrollados para ethernet. Muchos dispositivos industriales, y otros instrumentos usan Modbus como su estándar de comunicación. Sin embargo, el protocolo Modbus funcionando con ethernet son protocolos tan diferentes que necesitan pasarela de comunicación para poder funcionar.

Modbus puede funcionar como un maestro (por ejemplo, un PC) y varios esclavos (por ejemplo, la medición y sistemas de control) que se van a conectar. Hay dos versiones: una para el puerto serie y otro para ethernet.

### **2.6.1 Redes modbus.**

Redes Modbus o también conocidas como protocolo de red o protocolo de comunicación es el conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.

En este contexto, las entidades de las cuales se habla son programas de computadora o automatismos de otro tipo, tales y como dispositivos electrónicos capaces de interactuar en una red.<sup>7</sup>

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única, cualquier dispositivo puede enviar ordenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo solo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero solo el destinatario la ejecuta. Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción.

Un protocolo de red, es como un lenguaje para la comunicación de información. Son las reglas y procedimientos que utilizan en una red para comunicarse entre los nodos que tienen acceso al sistema

---

<sup>6</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com). Modbus.

<sup>7</sup> [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com). Protocolo de red

de cable. Los protocolos gobiernan dos niveles de comunicaciones que son:

**Los Protocolos de alto nivel.**- Estos definen la forma en que se comunican las aplicaciones.

**Los Protocolos de bajo nivel.**- Los protocolos de bajo nivel controlan el acceso al medio físico. Estos definen la forma en que se transmiten las señales por cable. Los tres niveles fundamentales de las redes Modbus son:

- Nivel físico (RS-485).
- Nivel de protocolo (trama básica del protocolo organización maestro esclavo).
- Nivel de aplicación función y datos disponibles en el equipo.

### **2.6.2 Estructura de red.**

**Medio físico.**

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex o dúplex. La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios.

**Acceso al medio.**

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra. Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

**Intercambios punto a punto.**- Que comportan siempre dos mensajes, una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento).<sup>8</sup>

**Mensajes difundidos.**- Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, resetear, etc.

### **2.6.3 Variantes de modbus.**

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con una suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de controles de

<sup>8</sup> [www.dte.upct.es.com](http://www.dte.upct.es.com). Protocolo Modbus.

redundancia longitudinal (LRC). La versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP.

Modbus Plus, es una versión extendida del protocolo que permanece propietaria “Modicom”. Dada la naturaleza de la red precisa un coprocesador dedicado para el control de la misma. Con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado.

#### **2.6.4 Modbus TCP/IP.**

Modbus TCP/IP es una variante o extensión del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP.

De este modo, Modbus-TCP se puede utilizar en internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su desarrollo. En la práctica, un dispositivo instalado en Europa podría ser direccionado desde EEUU o cualquier otra parte del mundo.<sup>9</sup>

Las ventajas para los instaladores o empresas de automatización son innumerables:

- Realizar reparaciones o mantenimiento remoto desde la oficina utilizando un PC reduciendo así los costos y mejorando el servicio al cliente.
- El ingeniero de mantenimiento puede entrar al sistema de control de la planta desde su casa, evitando desplazamientos.
- Permite realizar la gestión de sistemas distribuidos geográficamente mediante el empleo de las tecnologías de internet/intranet actualmente disponibles.

Modbus TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial debido a su simplicidad, bajo costo, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto. En la actualidad hay cientos de dispositivos Modbus TCP/IP disponibles en el mercado. Se emplea para intercambiar información entre dispositivos, así como monitorizarlos y gestionarlos. También se emplea para la gestión de entradas/salidas distribuida, siendo el protocolo más popular entre los fabricantes de este tipo de componentes. La combinación de una red física versátil y escalable como ethernet con el estándar universal de interredes TCP/IP y una representación de datos independiente de fabricante, como Modbus, proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso. Modbus/TCP simplemente encapsula una trama Modbus en un segmento TCP. El TCP proporciona un servicio orientado a conexión fiable, lo que significa que toda

---

<sup>9</sup> [www.univalle.edu.com](http://www.univalle.edu.com). Red Modbus TCP.

consulta espera una respuesta. Esta técnica de consulta/respuesta encaja perfectamente con la naturaleza maestro/esclavo de Modbus.

Ethernet conmutadas ofrecen a los usuarios en la industria. El empleo del protocolo abierto Modbus con TCP proporciona una solución para la gestión desde unos pocos a decenas de miles de nodos.

### **2.6.5 Presentación del sistema modbus TCP/IP.**

Las prestaciones dependen básicamente de la red y el hardware. Si se usa Modbus TCP/IP sobre internet, las prestaciones serán las correspondientes a tiempos de respuesta en internet, que no siempre serán las deseables para un sistema de control. Sin embargo pueden ser suficientes para la comunicación destinada a depuración y mantenimiento, evitando así desplazamientos al lugar de la instalación. Si disponemos de una intranet de altas prestaciones con conmutadores ethernet de alta velocidad, la situación es totalmente diferente. En teoría, Modbus TCP/IP, transporta datos hasta  $250/(250+70+70)$  o alrededor de un 60% de eficiencia cuando se transfieren registros en bloque, y puesto que 10BaseT proporciona unos 1.25 Mbps de datos, la velocidad de transferencia de información útil será:

$$1.25\text{M} / 2 * 60\% = 360000 \text{ registros por Segundo} \quad (1)$$

En 100BaseT la velocidad es 10 veces mayor. Esto suponiendo que se están empleando dispositivos que pueden dar servicio en la red ethernet aprovechando todo el ancho de banda disponible. Además, el abaratamiento de los ordenadores personales y el desarrollo de redes ethernet cada vez más rápidas, permite elevar las velocidades de funcionamiento, a diferencia de otros buses que están inherentemente limitados una sola velocidad.<sup>10</sup>

Cabe anotar que el nivel de aplicación de Modbus no está cubierto por un software estándar, sino que cada fabricante suele suministrar programas para controlar su propia red.

No obstante, el nivel correcto en la definición de las funciones permite al usuario la confección de software propio para gestionar cualquier red, incluso con productos de distintos fabricantes.

### **2.6.6 Descripción de las funciones del protocolo.**

#### **Función 0.**

Esta función permite ejecutar órdenes de control, tales como marcha, paro, carga y lectura de pro-

---

<sup>10</sup> [www.dte.upct.es.com](http://www.dte.upct.es.com). Protocolo Modbus.

gramas de usuario del autómata. Para codificar cada una de las citadas órdenes se emplean los cuatro primeros bits del campo de datos.

En caso de las órdenes de marcha y paro, el campo de «información» la trama está vacío y, por tanto, el mensaje se compone simplemente de 6 bits de función más 2 bits de CRC (Control de redundancia cíclica). La respuesta del esclavo a estas órdenes es un mensaje idéntico al enviado por el maestro. Cabe señalar, además, que después de un paro el autómata sólo acepta ejecutar subfunciones de la función 00H.

### **Funciones 1 y 2.**

Lectura de bits del autómata. La forma de direccionamiento de los bits es a base de dar la dirección de la palabra que los contiene y luego la posición del bit. También que la respuesta es dada siempre en octetos completo.

### **Funciones 3 y 4.**

Lectura de palabras del autómata. La petición indica el número de palabras a leer, mientras que en la respuesta se indica el número de octetos leídos.

### **Función 5.**

Escritura de un bit. El direccionamiento del bit se efectúa tal como se ha indicado para las funciones 1 y 2.

### **Función 6.**

Escritura de una palabra.

### **Función 7.**

Petición de lectura rápida de un octeto. La petición no tiene campo de dirección, esto es debido a que el octeto legible por esta función es fijo en cada esclavo y viene fijado en su configuración.

### **Función 8.**

Petición del contenido y control de los 8 primeros contadores de diagnóstico de un esclavo.

### **Función 11.**

La petición del contenido del contador de diagnóstico, no se realiza por la función 8, sino por la función 11.

### **Función 15.**

Escritura de bits del autómata. La forma de direccionamiento es análoga a la indicada para las funciones 1 y 2.

### **Función 16.**

Escritura de palabras del autómata.

### **Mensajes de error.**

Puede ocurrir que un mensaje se interrumpa antes de terminar. Cada esclavo interpreta que el mensaje ha terminado si transcurre un tiempo de silencio equivalente a 3.5 caracteres.<sup>11</sup>

Después de este tiempo el esclavo considera que el carácter siguiente es el campo de dirección del esclavo de un nuevo mensaje.

Cuando un esclavo recibe una trama incompleta o errónea desde el punto de vista lógico, envía un mensaje de error como respuesta, excepto en el caso de mensajes de difusión.

Si la estación maestra no recibe respuesta de un esclavo durante un tiempo superior a un límite establecido, declara el esclavo fuera de servicio, a pesar de que al cabo de un cierto número de ciclos hace nuevos intentos de conexión.

## **2.7 Automatización.**

### **2.7.1 Sistemas automatizados.**

Los sistemas automatizados son aquellos que transfieren las tareas de producción que habitualmente se realiza por un operador humano a un conjunto de elementos tecnológicos, es decir el nivel en que el trabajo humano se reemplaza por el uso de la máquina.<sup>12</sup>

La automatización es la tecnología que está dirigida a la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y de base computacional para operar y controlar la producción, esta tecnología incluye: herramientas automáticas para procesar partes, máquinas de montaje automático, robots industriales, manejo automático de material y sistemas de almacenamiento, sistemas de inspección automática para control de calidad, control de reaprovechamiento y control de proceso por computadora, sistemas por computadora para planear colecta de datos y toma de decisiones para apoyar las actividades manufactureras. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas destinados

<sup>11</sup> [www.dte.upct.es.com](http://www.dte.upct.es.com). Protocolo Modbus.

<sup>12</sup> [www.dei.uc.edu.py.com](http://www.dei.uc.edu.py.com). Que es la automatización.

a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos que pueden funcionar de forma independiente o semiindependiente del control humano.

En comunicaciones y aviación, dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podría hacerlo un ser humano en el mismo tiempo.

Automatización Industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. Muchas industrias están muy automatizadas, o bien utilizan tecnología de automatización en alguna etapa de sus actividades. En las comunicaciones, y sobre todo en el sector telefónico, la marcación, la transmisión y la facturación se realizan automáticamente.

### **2.7.2 Autómatas.**

Los autómatas son dispositivos electrónicos que comparten una memoria programable para un uso automático y no informático, con la ayuda de un lenguaje adaptado por almacenamiento interno de las instrucciones que componen las funciones del automatismo.<sup>13</sup>

Los autómatas son dispositivos autónomos que siguen la ejecución de un programa prefijado.

#### **Detalles de los autómatas programables.**

- Lógica secuencial y combinatoria.
- Temporización, cuentas, descontar, y comparación.
- Facturación por volumen.

<sup>13</sup> [www.wikiciencia.org.com](http://www.wikiciencia.org.com). Que es un autómata programable

- Cálculo Aritmético.
- Regulación.

Los autómatas disponen de un almacén cuyos contenidos sobrevivan a una caída en un procesador, esto se denomina almacenamiento estable. Dado que la memoria de cualquier procesador es volátil, es preciso usar otra forma de almacenamiento no volátil como dispositivo de almacenamiento estable.

Para ello dichos dispositivos poseen una batería interna capaz de salvaguardar los datos en caso de producirse una caída de la alimentación eléctrica o un problema en el procesador.

Los autómatas están alimentados mediante grupos de baterías que mantienen estable la tensión de alimentación a la vez que proporcionan un modo de alimentación alternativo en caso de fallos en la red eléctrica.

### **2.7.3 Partes principales de un sistema automatizado.**

Dentro de un sistema automatizado existen dos partes principales.

- Parte Operativa
- Parte de Mando.

#### **La Parte operativa.**

Se puede decir que es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que realizan las operaciones deseadas.<sup>14</sup>

La parte operativa está formada por los siguientes elementos:

- El estado físico de sus componentes.

<sup>14</sup> [www.sc.ehu.es.com](http://www.sc.ehu.es.com). Automatización.

- Los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, bombas, relés, etc.
- Los detectores o captadores, como fotodiodos, finales de carrera.

#### **Accionadores y preaccionadores.**

---

<sup>14</sup> [www.se.ehu.es.com](http://www.se.ehu.es.com) Automatización



El accionador es el elemento final de control que en respuesta a la señal de mando que recibe actúa sobre la variable o elemento final del proceso. Transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos. Los más utilizados en la industria son: cilindros, motores de corriente alterna, motores de corriente continua, etc.

Los accionadores son gobernados por la parte de mando, sin embargo, pueden estar bajo el control directo de la misma o bien requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando. Esta preamplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al accionador. Los preaccionadores disponen de una parte de mando o de control que se encarga de conmutar la conexión eléctrica, hidráulica o neumática entre los cables o conductores del circuito de potencia.

### **Detectores y captadores.**

Cómo las personas necesitan de los sentidos para percibir, lo que ocurre en su entorno, los sistemas automatizados precisan de los transductores para adquirir información de:

- La variación de ciertas magnitudes físicas del sistema.
- El estado físico de sus componentes.
- Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores.

### **Clasificación de los transductores.**

Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en:

**Transductores todo o nada.-** Suministran una señal binaria claramente diferenciada. Los finales de carrera son transductores de este tipo.

**Transductores numéricos.-** Transmiten valores numéricos en forma de combinaciones binarias. Los encoders son transductores de este tipo.

**Transductores analógicos.-** Suministran una señal continua que es fiel reflejo de la variación de la magnitud física medida. Algunos de los transductores más utilizados son: final de carrera, fotocélulas, pulsadores, encoders, etc.

## **La Parte de mando.**

Suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

## **Tecnologías cableadas.**

Con este tipo de tecnología, la automatización se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Esta fue la primera solución que se utilizó para crear autómatas industriales, pero presenta varios inconvenientes.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías cableadas para la realización la automatización son:

- Relés electromagnéticos.
- Módulos lógicos neumáticos.
- Tarjetas electrónicas.

## **Tecnologías programadas.**

Los avances en el campo de los microprocesadores de los últimos años han favorecido la generalización de las tecnologías programadas.

En la realización de automatismos. Los equipos realizados para este fin son:

**Los ordenadores.-** El ordenador como parte de mando de un automatismo presenta la ventaja de ser altamente flexible a modificaciones de proceso.

Pero al mismo tiempo, y debido a su diseño no específico para su entorno industrial, resulta un elemento frágil para trabajar en entornos de líneas de producción.

**Los autómatas programables.** - Un autómatas programable industrial es un elemento robusto diseñado especialmente para trabajar en ambientes de talleres, con casi todos los elementos del ordenador.

#### **2.7.4 Elementos básicos de un sistema automatizado.**

Existen elementos básicos para un sistema automatizados los cuales son:

**Energía:** para completar el proceso y operar el sistema.

**Programación:** para dirigir el proceso.

**Sistemas de Control:** para ejecutar las instrucciones.

**Sistema de Comunicación:** Envía señales entre dispositivos.

**Energía para realizar los procesos automatizados.**

Un sistema automatizado es usado para operar algunos procesos. La energía se necesita para manejar el proceso así como los controles.

**Energía para el proceso.**

En producción, el término proceso se refiere a las operaciones de manufactura que son llevadas a cabo sobre la pieza de trabajo.

- La energía también es requerida para las funciones de manejo de materia.
- Carga y descarga de los materiales.
- Transportación del material entre estaciones de trabajo.

**Energía para automatización.**

Se requiere energía para las siguientes funciones.

**Unidad de control.-** Los controladores modernos emplean energía eléctrica para leer las instrucciones del programa, realizar cálculos de control y ejecutar las instrucciones al transmitir comandos a los dispositivos actuadores.

**Energía para activar las señales de control.-** Los comandos enviados por la unidad de control son llevados a cabo por dispositivos electromecánicos llamados actuadores. Los comandos comúnmente son transmitidos a través de señales de control de bajo voltaje.

**Recolección y procesamiento de información.-** La información del sistema debe ser recolectada y usada como datos de entrada en los algoritmos de control. Además, puede ser necesario llevar

registro del desempeño del proceso o calidad del producto. Estas funciones necesitan energías aunque en cantidades modestas.

### **Programación de procesos automatizados.**

Los pasos del proceso para manufacturar una pieza son llevados a cabo durante un ciclo de trabajo. Es decir, en cada ciclo de trabajo, se produce una parte (aunque en algunas operaciones se produce más de una). Estos pasos son especificados en un programa de ciclo de trabajo.

**Parámetros del proceso.-** Son entradas del proceso como la temperatura de un horno, o una coordenada en un sistema de posicionamiento.

**Variable del proceso.-** Son salidas del proceso como la temperatura real del horno o la posición actual en el sistema de coordenadas.

### **Toma de decisiones en el ciclo programas de trabajo.**

**Interacción del operador.-** Aunque se intenta que el programa de instrucciones sin interacción humana, la unidad de control puede requerir dar datos de entrada proporcionados por el operador para funcionar.

**Diferentes partes o estilos de productos.-** Un sistema automatizado puede ser programado para realizar diferentes ciclos de trabajo en partes o estilos de productos distintos.

**Variaciones en las unidades de arranque de trabajo.-** En muchas operaciones de manufactura, las piezas iniciales de trabajo no son consistentes, por lo que pasos adicionales pueden ser necesarios.

### **Sistemas de control.**

A medida que el hombre aprende a construir máquinas que no dependan de la fuerza animal o humana, descubren que deben encontrar alguna forma de manejarlas y controlarlas. Las máquinas poderosas dejadas a su suerte, pueden crear confusión y destrucción. Los sistemas de control se han desarrollado para manejar maquinas o procesos, de modo que reduzcan las probabilidades de fallos y obtener los resultados buscados. El sistema de control de un sistema automatizado permite ejecutar el programa y lograr que el proceso realice su función definitiva, los sistemas de control pueden ser de dos tipos:

- Sistemas de control de ciclo cerrado.
- Sistemas de control de ciclo abierto.

### **Sistema de control de ciclo cerrado.**

En un sistema de control de ciclo cerrado la variable de salida es comparada con un parámetro de entrada, y cualquier diferencia entre las dos es usada para lograr que la salida sea acorde con la entrada

### **Sistema de control de ciclo abierto.**

Un sistema de control de ciclo abierto opera sin el ciclo de retroalimentación, sin medir la variable de salida, de manera que no hay comparación entre el valor real de la salida y el valor deseado en el parámetro de entrada. Son aquellos que la acción del controlador no se relaciona con el resultado final. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que este pueda ajustar la acción de control.

### **Sistemas de comunicación.**

Para que un dispositivo pueda transmitir información tendrá que hacerlo a través de un interfaz con el medio de transmisión. Todas las técnicas de transmisión dependen en última instancia de la utilización de señales electromagnéticas que se transmitirán a través del medio. De tal manera que, una vez que la interfaz está establecida, se necesitará la generación de la señal.

Las características de la señal, tales como, la forma y la intensidad, deben ser tales que permitan:

- Ser propagadas a través del medio.
- Ser interpretadas por el receptor.

Las señales deben ser generadas no sólo considerando que deben cumplir los requisitos del sistema de transmisión y el receptor, sino que deben permitir alguna forma de sincronizar el receptor y el emisor. El receptor debe ser capaz de determinar cuándo comienza y cuándo acaba la señal recibida. Igualmente, deberá conocer la duración de cada elemento de señal.

Además de las cuestiones básicas referentes a la naturaleza y temporización de las señales, se necesitará verificar un conjunto de requisitos que se pueden englobar bajo el término gestión del intercambio. Si se necesita intercambiar datos durante un periodo de tiempo, las dos partes deben cooperar.

En los dispositivos para el procesamiento de datos, se necesitarán unas ciertas convenciones además del simple hecho de establecer la conexión.

### **2.7.5 Tipos de automatizaciones.**

**Automatización fija.-** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción llevadas.

Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.<sup>15</sup>

La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos con grandes índices de demanda y volumen.

Las características típicas son:

- Fuerte inversión para equipo de ingeniería.
- Altos índices de producción.
- Relativamente inflexible en adaptarse a cambios en el producto.

**Automatización programable.-** Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto, ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

Las características típicas son:

- Carga y descarga de los materiales.
- Fuerte inversión en equipo general.
- Índices bajos de producción para la automatización fija.
- Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto.
- Conveniente para la producción.

**Automatización flexible.-** Por su parte la automatización flexible es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estacio-

---

<sup>15</sup> [www.sifunpor.tripod.com](http://www.sifunpor.tripod.com). Automatización.

nes de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

De los tres tipos de automatización, la robótica coincide más estrechamente con la automatización programable.

Las características típicas pueden resumirse:

- Fuerte inversión para equipo de ingeniería.
- Producción continua de mezclas variables de productos.
- Índices de producción media.
- Flexibilidad para lidiar con las variaciones en diseño del producto.

Las características esenciales que distinguen la automatización flexible de la programable son:

- Capacidad para cambiar partes del programa sin perder tiempo de producción.
- Capacidad para cambiar sobre algo establecido físicamente asimismo sin perder tiempo de producción.

## 2.8 Labview.

LabVIEW es un ambiente de desarrollo gráfico que complementa los PLCs, al incorporar tecnologías de PC, para control avanzado, monitoreo, análisis en tiempo real y mantenimiento predictivo.

Puede lograr significativamente una mejor tasa de transferencia, rendimiento y el tiempo de operación al integrar LabVIEW a sus sistemas existentes con PLC.<sup>16</sup>

Con LabVIEW, los constructores de máquinas e ingenieros pueden usar una herramienta de software para diseñar y desplegar sistemas industriales que efectúan mediciones de alto desempeño, análisis y control avanzado, comunicación entre sistemas existentes e interfaces entre máquina y humanos. LabVIEW es hoy una plataforma estándar en la industria de test y medida para el desarrollo de sistemas de prueba y control de instrumentación, en el campo de la automatización industrial para la adquisición de datos, análisis, monitorización y registro, así como para el control y

---

<sup>16</sup> [www.wikipedia.org.com](http://www.wikipedia.org.com). LabVIEW

monitorización de procesos, en el área de visión artificial para el desarrollo de sistemas de inspección en producción o laboratorio.

LabVIEW es una herramienta de programación gráfica de test, control y diseño mediante la programación, altamente productiva, para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control.

LabVIEW da la capacidad de crear rápidamente una interfaz de usuario que nos proporciona la interactividad con el sistema.

LabVIEW para compartir datos entre PLCs y otros dispositivos de automatización. - Ya sea que se esté comunicando con dispositivos como instrumentos de proceso, controladores lógicos programables (PLCs), sensores inteligentes, o controladores de una iteración, LabVIEW ofrece una variedad de herramientas confiables y fáciles de usar que le ayudan a cubrir sus necesidades de comunicación.

Con la biblioteca de Modbus para LabVIEW de National Instruments, puede utilizar cualquier puerto ethernet o serial como un servidor o esclavo Modbus TCP o Modbus serial.

Utilizando esta biblioteca con compuerta de comunicación, puede fácilmente incorporar equipo existente en cualquier red de trabajo industrial a su aplicación LabVIEW.

Las compuertas de comunicación soportan una gran variedad de redes de trabajo incluyendo DeviceNet, ControlNet, EthernetIP, PROFIBUS, y PROFINET entre otros.

### **2.8.1 Principales características.**

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación. Se pueden hacer (programas) relativamente complejos, muy difíciles de hacer con lenguajes tradicionales. Con LabVIEW pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, etc.

Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación, presenta facilidades para el manejo.

### **2.8.2 Principales funciones.**

**Lenguaje desarrollado para medida, control y automatización.** A diferencia de los lenguajes de propósito general, LabVIEW tiene funciones específicas para acelerar el desarrollo de aplicaciones de medida, control y automatización.



### **Entorno de desarrollo intuitivo para aumentar su productividad.**

LabVIEW proporciona herramientas muy potentes para crear aplicaciones sin líneas de código. Con LabVIEW se puede colocar objetos ya contruidos para crear interfaces de usuario rápidamente.

Después se especifica las funciones del sistema construyendo diagramas de bloques.

### **Fácil integración con miles de instrumentos y dispositivos de medida.**

LabVIEW se puede conectar de manera transparente con todo tipo de hardware incluyendo instrumentos de escritorio, tarjetas insertables, controladores de movimiento y controladores lógicos programables (PLCs).

### **Entorno abierto para usar con otras aplicaciones.**

Con LabVIEW se puede conectar con otras aplicaciones y compartir datos a través de ActiveX, Web, DLLs, librerías compartidas, SQL, TCP/IP, XML, OPC y otros.

### **Optimizar el desarrollo del sistema.**

En muchas aplicaciones, la velocidad de ejecución es vital. Con un compilador incluido que genera código optimizado, aplicaciones en LabVIEW tienen velocidades de ejecución comparables con programas C compilados.

Con LabVIEW se puede desarrollar sistemas que cumplan con requisitos de desarrollo a través de las plataformas incluyendo Windows, Macintosh, UNIX y sistemas de tiempo real.

#### **2.8.3 Principales usos.**

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos.
- Control de instrumento.
- Automatización industrial o PAC (Controlador de Automatización Programable).
- Diseño de control.

### **LabVIEW para pruebas en producción.**

LabVIEW se ha convertido en una herramienta de desarrollo estándar de la industria para aplicaciones de pruebas. LabVIEW combinado con el entorno ejecutor de pruebas, y la librería de

controladores de instrumentos más amplia de la industria proporciona una plataforma de pruebas consistente e integrada para un sistema completo.

### **LabVIEW para investigación y análisis.**

Se puede utilizar LabVIEW para analizar y registrar resultados reales para aplicaciones en sectores como el de automatización, investigación de energía y muchos otros. Para las aplicaciones que requieren sonido y vibración, procesamiento de imagen, análisis de tiempo, frecuencia conjunta, y diseño de filtros digitales. LabVIEW ofrece software extra especialmente diseñado para aumentar la velocidad de desarrollo del sistema.

### **LabVIEW para control de procesos y automatización en fábrica.**

Se puede utilizar LabVIEW para numerosas aplicaciones de control de procesos y automatización.

Con LabVIEW puede realizar medidas y control de alta velocidad y con muchos canales. Para aplicaciones de automatización industrial complejas y a gran escala hemos diseñado el módulo de supervisión de datos y control, con el que se puede monitorizar gran número de puntos de E/S, comunicarse con controladores industriales y redes y proporcionar control basado en PC.

### **LabVIEW para la monitorización y control de maquinaria.**

LabVIEW es ideal para monitorización de maquinaria y para aplicaciones de mantenimiento predictivo que necesitan controles determinísticos, análisis de vibraciones, análisis de imágenes o control de movimiento, incluyendo LabVIEW tiempo real para control determinístico y fiable, se pueden crear potentes aplicaciones de monitorización y control de maquinaria de manera rápida y precisa.

#### **2.8.4 Programa en labVIEW.**

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y Linux y va por la versión 8.20 y 8.21 con soporte para Windows Vista.<sup>17</sup>

Los programas hechos con LabVIEW se llaman VI (Instrumento Virtual), lo que da una idea de su uso en origen, el control de instrumentos entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo ( no sólo en ámbitos de test, control y diseño) y el permitir la entrada a la informática a programadores no expertos, este software con todo tipo de hardware, tanto

<sup>17</sup> [www.labview.tk.com](http://www.labview.tk.com). Que es LabVIEW.

como tarjetas de adquisición de datos, PAC (controlador de automatización programable). Esto no significa que la empresa haga únicamente software, sino que busca combinar

La programación G es el corazón de LabVIEW, a diferencia de otros lenguajes de programación como C o Basic, ya que estos están basados en texto, mientras que G es una programación gráfica a través de herramientas virtuales.

Como se ha dicho es una herramienta gráfica de programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión. Los programas en G, o VIs (Instrumentos Virtuales) constan de una interfaz interactiva de usuario y un diagrama de flujo de datos que hace las funciones de código fuente.

#### **2.8.4.1 Panel frontal.**

El Panel Frontal es el interfaz con el usuario, en él se definen los controles e indicadores que se muestran en pantalla.

La interfaz interactiva de usuario de un VI se llama Panel Frontal, debido a que simula el panel de un instrumento físico. El panel frontal puede contener botones, interruptores, pulsadores, gráficas y otros controles e indicadores.

Los datos se traducen utilizando el ratón y el teclado, y los resultados se muestran en la pantalla del ordenador.

#### **2.8.4.2 Diagramas de bloque.**

El Diagrama de Bloques es el programa propiamente dicho, donde se define su funcionalidad, aquí se colocan iconos que realizan una determinada función y se interconectan.

El VI recibe instrucciones de un diagrama de bloques que construimos en G. El diagrama de bloques es la solución gráfica a un determinado problema de programación. Además, el diagrama de bloques es el código fuente de nuestro programa o VI.

#### **Jerárquicos y modulares.**

Los VIs son jerárquicos y modulares. Pueden utilizarse como programas de alto nivel o como subprogramas de otros programas o subprogramas. Cuando un VI se usa dentro de otro VI, se denominan subVI. El ícono y los conectores de un VI funcionan como una lista de parámetros gráficos de forma que otros VIs puedan pasar datos a un determinado subVI.

## CAPÍTULO III

### 3. DESARROLLO DEL BANCO.

#### **3.1 Determinación y selección de elementos para el banco de ensayos.**

El presente banco de ensayos se lo ha desarrollado para que cumpla las expectativas del estudiante en el campo de la automatización, el mismo tiene un funcionamiento muy sencillo pero al mismo tiempo se debe tener cuidado con el manejo de sus distintos elementos, el banco de ensayos se configura y programa por medio del software del PLC y a través de LabVIEW se puede realizar la programación y el control del PLC el mismo que tiene acoplados módulos los cuales sirven para conectar los diversos sensores los que tienen diferentes aplicaciones según las necesidades. El PLC está conectado a un ruteador el cual envía las señales. A través del computador y por medio del protocolo Modbus TCP/IP se logra la comunicación del PLC con el programa LabVIEW.

Gracias a los avances tecnológicos en la actualidad se puede contar con equipos tales como el que he desarrollado, los mismos que permitirán al futuro ingeniero de Mantenimiento tener un conocimiento más amplio y una visión hacia el constante cambio de la tecnología el mismo que nos permite seguir avanzando e incorporando nuevos conocimientos.

El banco de ensayos está destinado para ser controlado o manipulado en un laboratorio, para que los estudiantes practiquen de tal manera que puedan tener contacto en el campo de la automatización e industria, desarrollando su intelecto que va a fortalecer sus conocimientos y creando nuevas perspectivas hacia el futuro.

El banco de ensayos se lo puede manejar o controlar a distancias considerables de tal manera que se logrará reducir los diversos costos de mantenimiento y operación los mismos que en una empresa son pérdidas considerables, si el banco de ensayos estuviera incorporado en una industria se fortaleciera la economía de la misma, gracias al bajo costo de implementación del equipo y a la reducción de los costos de operación y mantenimiento.

El estudiante que controle el presente banco de ensayo tendrá conocimientos para lograr ser un ente productivo para nuestra sociedad.

Este banco de ensayos se ha realizado con el propósito de enseñanza de tal manera que se mejore los conocimientos sobre protocolos de comunicación como es el protocolo Modbus TCP/IP, como manejar sobre el control de un PLC por medio del programa LabVIEW, el manejo del programa de labVIEW con su software, sus componentes, mantenimiento mensual, semestral y anual.

### **3.2 Determinación y selección de los elementos y componentes del banco de ensayos.**

Los distintos elementos y componentes que se usan en el presente banco de ensayos se determinaron de acuerdo a la compatibilidad de los mismos, tomando en cuenta las diversas aplicaciones en el campo industrial de manera que para el estudiante que controle este banco de ensayo sea una proyección hacia la automatización industrial.

Al seleccionar los diversos elementos y componentes se buscó materiales de bajo costo, que son de fácil aplicación en un laboratorio de tal manera que se puede desarrollar las habilidades de cada estudiante con el fin de adquirir más conocimientos en el maravilloso mundo de la automatización, también se ha previsto que los distintos elementos tenga una adecuada disponibilidad para alargar su vida útil.

### **3.3 Elementos y componentes del banco de ensayos.**

A continuación se clasifican y describen los distintos elementos y componentes que se usan en el presente banco de ensayos.

#### **Elementos**

- PLC (modelo EZPLC-A-32E).
- Tres módulos (EZIO-4ANI4NOV, EZIO-4ACI4RLO, EZIO-4THIE).
- Cinco sensores dos analógicos (temperatura, presión), y tres digitales (fotoeléctrico, final de carrera, nivel).
- Un ruteador.
- Computadora con conexión a red o con tarjeta inalámbrica para red.

#### **Componentes.**

- Software para el PLC (modelo EZPLC-A-32E).
- Software de LabVIEW versión 8.2.
- Instalador ni\_modbus8.2.exe para que LabVIEW funcione con Modbus.
- Instaladores para el ruteador.
- Instaladores para el cable serial (modelo RS232).

### 3.3.1 Elementos.

#### 3.3.1.1 PLC ( modelo EZPLC-A-32E).

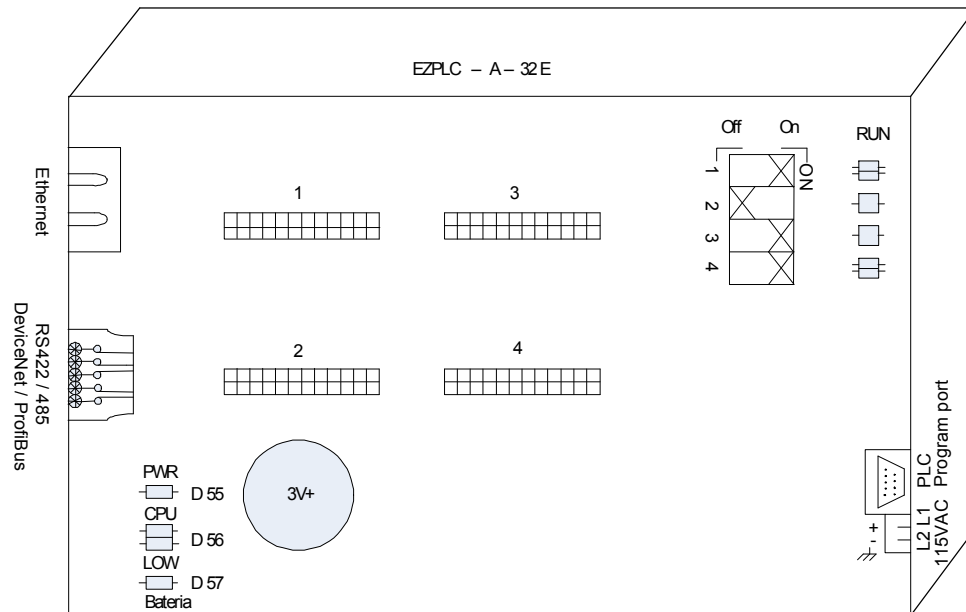


Figura 3.1 Controlador Lógico Programable ( PLC-modelo EZPLC-A-32E).

Especificaciones del PLC Controlador Lógico Programable	
<b>Caja</b>	<b>NEMA 1</b>
Tipo de CPU	40MHz, 32 Bit
Servicio de alimentación	24 VDC (20-28 VDC) o 110VAC (95-125VAC) 10-15 Watts en función del modelo
Fuente de alimentación capacidad	3,3 voltios en 1
I/O módulo de energía	25mA típico
Interface DeviceNet y Profibus	DN 50 mA, Profibus 100Ma
Agencia de aprobación	UL, CUL, CE
Temperatura de operación	-10°C hasta 60°C
Temperatura de almacenamiento	-20°C hasta -70°C
Humedad	10-95% RH, sin condensación
Resistencia a tensión	1000 VDC 1 min
Vibración	5-55 Hz, 2G por 2 horas
Choque	10G hasta 20 milisegundos
Ruido eléctrico	NEMA ICS 2-230
Total de memoria disponible	64KB de escalera
Nº total de registros	8192 16 Bit
Típico escaneo por hora	3ms
Interrupción de Tiempo de Respuesta	60 micro segundo
Batería	Pila de litio con 5 años de vida
Indicadores LED	La potencia de entrada, CPU, (ejecutar, ejecutar/Programa y Programa), batería baja y Programación Puerto Indicadores
I/O soportados	EZI / O

Tabla 3. 4 Especificaciones del PLC (modelo EZPLC-A-32E).

### 3.3.1.2 Módulos.

#### Módulo EZIO-A4CI4RLO.

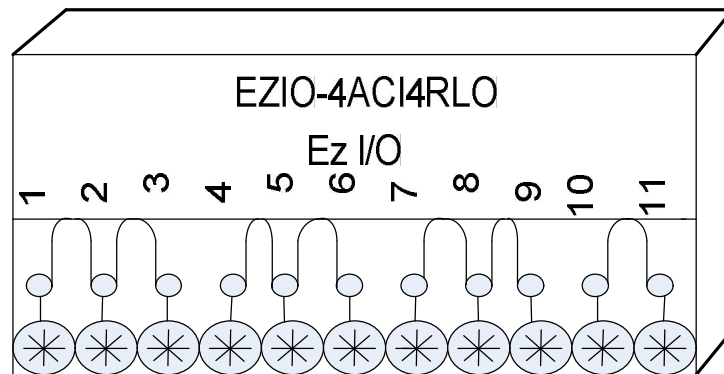


Figura 3.2 Numeración de los Pines del Módulo EZIO-A4CI4RLO.

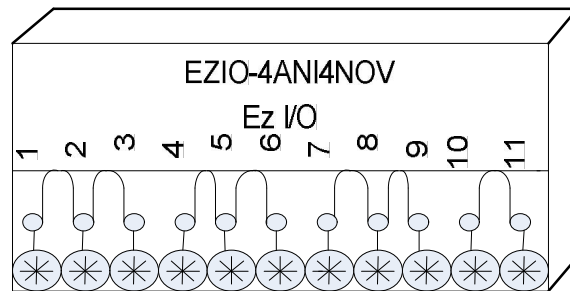
Especificaciones del módulo EZIO-A4CI4RLO.		
Especificaciones de las entradas	Número de entradas	4
	Rango de voltaje de entrada	70-132 VAC
	Frecuencia AC	47-63Hz
	Voltaje pico	180 Volt
	Corriente de entrada	0.5mA a 110VAC
	Máxima corriente de entrada	0.6mA a 132 VAC
	Comunes	1 común
Especificación de las salidas.	Número de salidas	4
	Rango de voltaje de salida	5-180 VDC o 20-132 VAC
	Voltaje pico	180 VDC/200 VAC
	Frecuencia AC	47-63 Hz
	Máxima corriente	1 A/punto
	Comunes	1 común

Tabla 3. 5 Especificaciones del módulo EZIO-A4CI4RLO.

Pines	
1	Salida 1
2	Salida 1
3	Salida 1
4	Salida 1
5	Común
6	Entrada 1
7	Entrada 1
8	Entrada 1
9	Entrada 1
10	Común
11	No conectado

Tabla 3. 6 Información de los Pines del Módulo EZIO-A4CI4RLO.

**Módulo EZIO- 4ANI4ANOV.**



**Figura 3.3 Numeración de los pines del módulo EZIO-A4NI4ANOV.**

Pines	
1	Salida 1
2	Salida 2
3	Salida 3
4	Salida 4
5	Común
6	Entrada 1
7	Entrada 2
8	Entrada 3
9	Entrada 4
10	Común
11	No conectado

**Tabla 3.4 Información de los Pines del Módulo EZIO-A4NI4ANOV.**

Especificaciones del módulo EZIO-A4NI4ANOV.		
Especificaciones de las entradas de voltaje analógico	Rango de entrada	0-5V, 0-10V (por medio de switch DIP)
	Resolución	12 bit (4 en 4 o 6)
	Tiempo de respuesta	200µs a 95% de FS
	Error lineal	±2 pasos
	Máxima inexactitud	±0.2% a 25°C ±0.4% a 0-60°C
Especificaciones de las salidas de voltaje analógico	Rango de salida	0-5 VDC, 0-10 VDC (por medio del switch)
	Resolución	12 bit (1 en 4096)
	Tiempo de conversión	100µ para FS
	Voltaje de salida pico	±18 VDC
	Error lineal	±1 paso

**Tabla 3. 5 Especificaciones del Módulo EZIO-A4NI4ANOV.**



Módulo EZIO- 4THIE.

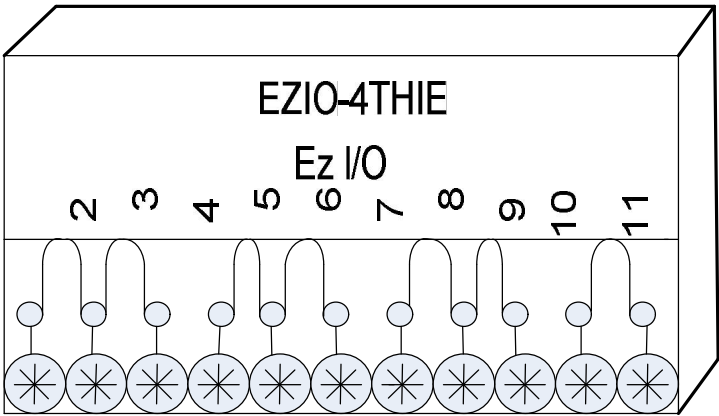


Figura 3.4 Especificaciones del módulo EZIO-4THIE.

Especificaciones del módulo EZIO-4THIE.	
Rango modo común	- 1.5 VDC a + 4.0 VDC
Impedancia de entrada	5M $\Omega$
Rango máximo absoluto	$\pm$ 50 VDC
Poder básico requerido	10 mA a 3.3 VCD
Temperatura de operación	32°F a 140°F (-20°C a 70°C)
Humedad relativa	5 a 95%

Tabla 3.6 Especificaciones del Módulo EZIO-4THIE.

Pines	
1	Entrada 1 +
2	Entrada 1 -
3	Entrada 2 +
4	Entrada 2 -
5	Entrada 3 +
6	Entrada 3 -
7	Entrada 4 +
8	Entrada 4 -
9	+ 5 VDC
10	( temperatura, sensor)
11	Tierra analógica

Tabla 3. 7 Información de los Pines del Módulo EZIO-4THIE

### 3.3.1.3 Sensores.

#### Sensor de Temperatura.

Especificaciones del sensor de temperatura.	
Número de canales	4
Termocuplas soportadas	Ver anexo
Actualización de entradas	Todas las entradas en cada escaneo
Poder requerido	10 mA a 3.3 VDC
Temperatura de operación	32°F a 140°F (0°C a 60°C)
Temperatura de almacenamiento	-4°F a 158°F (-20°C a 70°C)
Humedad	5 a 95% (no condensado)
Efectos del aire ambiental	No se puede aplicar grasas Corrosivas
Vibración	MIL STD 810C 514.2
Inmunidad al ruido	NEMA ICS3-304
Tiempo de conversión	1ms típicamente $\pm 1^{\circ}\text{C}$
Error lineal	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ máximo $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ típico

**Tabla 3. 8 Especificaciones del Sensor de Temperatura.**

Especificaciones de Termocuplas	
Rangos de entrada en °C	Tipo J -40°C a 340 °C Tipo K -80°C a 450°C Tipo S 25°C a 720 °C Tipo T -180°C a 330°C
Resolución mostrada	Tipo J, K, T $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ , Tipo S $\pm 1^{\circ}\text{C}$
Compensación de uniones frías	Automático
Tiempo de conversión	1ms por canal
Tiempo de calentamiento	30 minutos típicamente $\pm 1^{\circ}\text{C}$ repetibilidad
Error de linealidad (fin a fin)	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ máx. $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ típica
Máxima inexactitud	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ (error de termocupla con excepción)

**Tabla 3. 9 Especificaciones de Termocuplas.**

Tipo de termocupla	Rangos			Valores reportados con configuración incorrecta		
	°C	°F	°K	Sin reporte	Valor bajo	Valor alto
J	-210 °C +1200 °C	-346°F +2192°F	68°K 1473°K	Alazar	32768(0x8000)	+ 32767 (0x7FFF)
K	-210 °C +1372 °C	-328°F +2502°F	73°K 1645°K	Alazar.	-32768(0x8000)	+ 32767 (0x7FFF)
S	-50 °C +1768 °C	-58°F +3214°F	223°K 2041°K	Alazar	-32768(0x8000)	+ 32767 (0x7FFF)
T	-200 °C +400 °C	-328°F +752°F	73°K 673°K	Alazar	-32768(0x8000)	+ 32767 (0x7FFF)
E	-200 °C +980 °C	-328°F +1796°F	73°K 1253°K	Alazar	-32768(0x8000)	+ 32767 (0x7FFF)
R	-50 °C +1768 °C	-58°F +3214°F	223°K 2041°K	Alazar.	-32768(0x8000)	+ 32767 (0x7FFF)
B	250 °C +1820 °C	482°F +3308°F	523°K 2093°K	Alazar	0 (0x0000)	65535 (0xFFFF)
N	-200 °C +1300 °C	-328°F +2372°F	73°K 1573°K	Alazar	-32768(0x8000)	+ 32767 (0x7FFF)

**Tabla 3. 10 Tipos de Termocupla, Valores Soportados y Valores de Error.**

#### **Sensor de Presión.**

Especificaciones del sensor de presión.	
Entrada	VDC
Salida	0 a 5 VDC
Sobre-presión	1 a 100 PSI. 5 a 300 PSI absoluta (medido 3 veces) 3 tiempos de velocidad o 20 PSI (la que sea mayor)
O	100 a 10,000 PSI: (medida 2 veces)
Presión	1 a 100 PSI. 5 a 300 PSI absoluta (medida 5 veces o 25 PSI, la que sea mayor)
O	100 a 10,000 PSIG. (medida 2 veces)
Precisión	(Combinación lineal, y repetición $\pm 0.25\%$ BSL)
Precisión cero	$\pm 0.20\%$ FS ( $\pm 4.0\%$ para 1 y 2 PSI)
Estabilidad a largo plazo	$\pm 0.21\%$ BFS típico (1 año)
Durabilidad	mínimo 10 millones de durabilidad
Compatibilidad	Presión (rango igual o menor a 50 PSI, 300 PSI absoluta: 316 ST )
O	Presión (rango de 100 PSI a 10,000 PSI: 17.4 ST)

**Tabla 3. 11 Especificaciones Generales del Sensor de Presión.**

Entrada	105 VAC	120 VAC	130 VAC
Salida (mA)	Salida VDC	Salida VDC	Salida VDC
Sin carga 0	20.0	23.0	25.0
50	17.8	20.5	22.0
100	16.5	19.5	21.0
200	15.0	17.5	19.0
Carga completa 300	13.5	16.0	17.0

**Tabla 3. 12 Salida de Voltaje y Salida de Corriente.**

Voltaje de entrada	120V +/- 10%, 60 HZ
Voltaje de salida	16 a 23 VDC
Conexiones	Terminales de tornillo, hasta 16 AWG
Ambiente de operación	
Temperatura	32°F a 122°F ( 0°C a 50°C)
Dimensiones	2.22"W x 1.94"H x 1.90"D (55.9 x 49.3 x 48.3 mm)
Peso	199 gramos

**Tabla 3. 13 Fuente de Poder no Regulada PSU-93.**

### Sensor Final de Carrera.

Especificaciones del sensor final de carrera.	
Velocidad de operación	0.01m/se a 1m/s
Frecuencia de operación Mecánica	120 Operaciones/minuto 20 Operaciones/minuto
Vida mecánica	3,000,000 Operaciones/minuto
Vida eléctrica	500,000 Operaciones/minuto
Resistencia de contacto	15m Ohm máximo, inicial
Temperatura de operación básica Básica	- 13°F a 176°F (-25°C a 80°C) 5°F a 176°F (-15°C a 80°C)
Centros de montaje	1.0 in (25.4 mm), #tornillo #8

**Tabla 3. 14 Especificaciones del Sensor Final de Carrera.**

Modelo	Voltaje medido (V)	Carga no inductiva (A)			Corriente (A)	
		Carga resistiva	Carga			
		N.C. y N.O.	N.C	N.O.	N.C.	N.O.
15A	125V AC	15	3	1.5	30 Máx.	15 Máx.
	250V AC	15	2.5	1.25		
	500V AC	3	1.5	0.75		
	8V DC	15	3	1.5		
	14V DC	15	3	1.5		
	30V DC	6(2)	3	1.5		
	125V DC	0.4	0.4	0.4		
	250V DC	0.2	0.2	0.2		
20A	125V AC	20	7.5	7.5	60 Máx.	30 Máx.
	250V AC	20	7.5	7.5		
	500V AC	6	4	4		
	8V DC	20	3	1.5		
	14V DC	20	3	1.5		
	30V DC	6	3	1.5		
	125V DC		0.5	0.5		
	250V DC		0.25	0.25		

**Tabla 3. 15 Rangos de Carga no Inductiva.**

Modelo	Voltaje medido (V)	Carga inductiva (A)			Corriente (A)	
		Carga inductiva	Carga motriz			
		N.C. y N.O.	N.C	N.O.	N.C.	N.O.
15A	125V AC	15	5	2.5	30 Máx.	15 Máx.
	250V AC	15	3	1.5		
	500V AC	2.5	1.5	0.75		
	8V DC	15	5	2.5		
	14V DC	10	5	2.5		
	30V DC	5	5	2.5		
	125V DC	0.05	0.05	0.05		
	250V DC	0.03	0.03	0.03		
20A	125V AC	20	12.5	12.5	60 Máx.	30 Máx.
	250V AC	20	8.3	8.3		
	500V AC	5	2	2		
	8V DC	20	12.5	12.5		
	14V DC	15	12.5	12.5		
	30V DC	5	5	5		
	125V DC	0.05	0.05	0.05		
	250V DC	0.03	0.03	0.03		

**Tabla 3. 16 Rangos de Carga Inductiva.**

### Sensor Fotoeléctrico.

<b>Especificaciones del sensor fotoeléctrico.</b>			
	Modelos AC/DC (Operación AC)	Modelos AC/DC (Operación DC)	Modelos solo para DC
Voltaje de entrada	20 a 264V ac, 50/60 Hz	15 a 30V dc (15 a 24 V dc sobre 55°C / 131°F)	10 a 30 V dc (10 a 24 V dc sobre 55°C / 131°F)
Poder de disipación	1.5 W máximo	1.5 W máximo	1 W máximo
Tipo de salida	VMOS (bidireccional)	NPN	NPN y PNP (salidas dobles)
Capacidad de corriente	300 mA máximo	300 mA máximo	PNP (fuente): 100 mA máximo; NPN (hundirse): 250 mA máx. (120 mA max. Above 55 °C / 131°F)
Capacidad de voltaje	375V máximo	375V máximo	30VDC máximo
Sobrecorriente	2 A máximo	2 A máximo	1 A máximo
Tiempo de respuesta	10 ms		1 ms
Protección de cortocircuito	El sensor se apaga automáticamente en caso de sobrecarga (El indicador titilará). Importante: Durante la instalación se debe asegurar que se disponga de una protección para cortos circuitos para las salidas		
	Apagar el poder y volverlo a prender para resetear		Auto-reseteo
Rango de temperatura	Operación y almacenamiento: -40°C a +70°C (-40°F a +158°F)		
Material de construcción	Lentes: policarbonato. Cable: PVC. Cuerpo: estructural (no exponer los conectores a ácidos).		
Cable/conector	6-pies de cable, 3-wire (modelos ac/dc), 4-wire (modelos solo DC); micro conector, 4-pin macho		
Vibración y choque	Vibración: 30 g sobre 10 Hz a 2 kHz; protección de cortocircuito.		
Indicador LED	La luz es sólida cuando la salida está encendida, titila cuando hay un cortocircuito.		

**Tabla 3. 17 Especificaciones del Sensor Fotoeléctrico.**

### Sensor de Nivel.

Especificaciones del sensor de nivel	
Materiales	Solido (Brass: latón de alto contenido de zinc ) y flotante (Buna N)
Temperatura de operación Rango de presión	Agua: -40 a 180 °F; Aceite: -40 a 230 °F, 150 PSI
Voltaje	LV-10, LV-11: 10VA LV-20, LV-22, LV-30, LV-32: 20VA. LV-21, LV23, LV-31, LV-33: 100VA
Gravedad especifica de flote	Series LV-10 = 0.55; Series LV-20 = 0.59; Series LV-30 = 0.43. Para determinar la gravedad específica mínima de un fluido, añadir 0.1 para líquidos claros y 0.3 para agua sucia o líquidos viscosos.

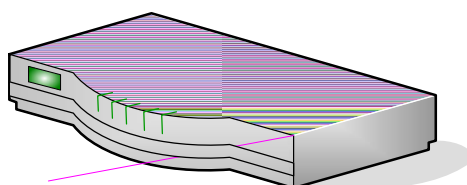
**Tabla 3. 18 Especificaciones del Sensor de Nivel.**

VA	Voltios	Amperios AC	Amperios DC
10	0 -50	.2	.13
	120	.08	.05
	240	.04	.02
20	0-30	.4	.3
	120	.17	.13
	240	.08	.06
100	120	.8*	N/A
	240	.4	N/A

**Tabla 3. 19 Rangos de Voltaje y Corriente del Sensor.**

#### 3.3.1.4 Ruteador.

El ruteador es un modelo DIR-300, posee 4 entradas para conexión a red, una para conexión a Internet, su entrada de corriente es de 5V 1.2A, con un botón para resetear, tiene una antena para conexión inalámbrica, como se ve en la figura 3.5.



**Figura 3.5 Ruteador (modelo DIR-300).**

### 3.3.1.5 Computador.

Computador Pentium 4 con 256 MB de memoria para un disco duro de 40 GB, con conexión a red o con tarjeta inalámbrica para red, ver figura 3.6.



**Figura 3.6 Computador.**

## 3.4 Montaje del banco de pruebas.

### 3.4.1 PLC y módulos.

PLC.

El PLC está diseñado para soportar 4 módulos los mismos que son fáciles de insertar en el PLC y se ubican según como programemos en el software del PLC. En la figura 3.7 se muestra al PLC y la ubicación de sus módulos.



**Figura 3.7 PLC y acoplamiento de módulo.**

En la figura 3.8 se muestra como se insertan los módulos al PLC mediante los cuales se conectan los diferentes sensores.





**Figura 3.8 Módulo del PLC.**

El PLC tiene una batería con una durabilidad de 5 años, en la figura 3.9 se muestra la ubicación de la batería en el PLC.



**Figura 3.9 Batería del PLC.**

El PLC posee la capacidad de almacenar un programa, en la figura 3.10 se puede observar un foco encendido de color verde lo cual indica que tiene un programa almacenado.



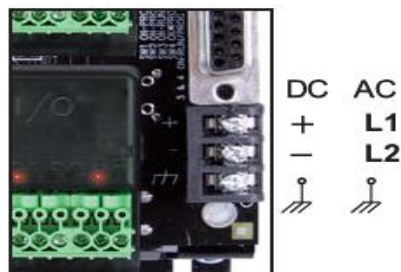
**Figura 3.10 Programa que almacena en el PLC.**

En el PLC se encuentran diferentes puertos de conexión los mismos que en la figura 3.11 se muestran estos son: Ethernet, RS422/485, y DeviceNet/Profibus.



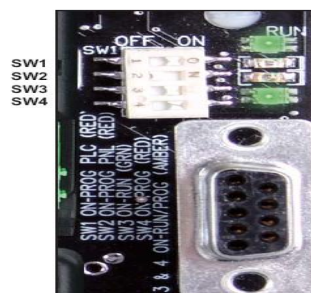
**Figura 3.11 Conexiones para Ethernet, RS422, y DeviceNet/Profibus.**

El PLC funciona con 115 VAC, y el tipo de conexión para la alimentación se debe hacer como se indica en la figura 3.12 para DC y AC.



**Figura 3.12 Conexiones de DC.**

El PLC posee cuatro pequeños switch que son (SW1, SW2, SW3, SW4), en la figura 3.13 se muestra como se han ubicados de acuerdo a nuestras necesidades de funcionamiento.



**Figura 3.13 Ubicación de los switch.**

En las tablas 3.20 y 3.21, se indican las posiciones de los switch, en los cuales se puede ubicar el tipo de puerto para la conexión y el modo de operación que se realizara.

SW1	SW2	PLC LED	PANEL LED	CORRER LED	CONEXION
0	0	Off	Off	On	Puerto Desconectado
1	0	On	Off	Off	RS232 a PLC
0	1	Off	On	Off	RS232 a HMI*
1	1	On	On	Off	Puerto Desconectado

**Tabla 3.20 Programación/Comunicación del Puerto Habilitado al Switch del Sistema RS232.**

SW3	SW4	TRICOLOR LED	MODO DE OPERACIÓN
0	0	Off	No operación
1	0	Verde	Correr
0	1	Rojo	Programa
1	1	Ámbar	Correr el Programa

**Tabla 3. 21 Correr el PLC/Sistema de Programa de Switch.**

## MÓDULOS

Para el presente banco de ensayo he adquirido tres módulos que son:

EZIO-4ANI4ANON, EZIO-4ACI4RLO, y EZIO-4THIE.

### Módulo EZIO-4ANI4ANON.

El módulo EZIO-4ANI4ANON que se encuentra ubicado en M1 del PLC en el cual se conecta el sensor de presión, mostrado en la figura 3.14.



**Figura 3.14 Módulo EZIO-4ANI4ANON.**

### **Módulo EZIO-4ACI4RLO.**

El módulo EZIO-4ACI4RLO que se encuentra ubicado en M3 del PLC en el cual se conectan los sensores digitales que son: sensor de nivel, fotoeléctrico, y final de carrera, ver figura 3.15.



**Figura 3.15 Módulo EZIO-4ACI4RLO.**

### **Módulo EZIO-4THIE.**

El módulo EZIO-4THIE que se encuentra ubicado en M4 del PLC en el cual se conecta el sensor de temperatura, como se ve en la figura 3.16.



**Figura 3.16 Módulo EZIO-4THIE.**

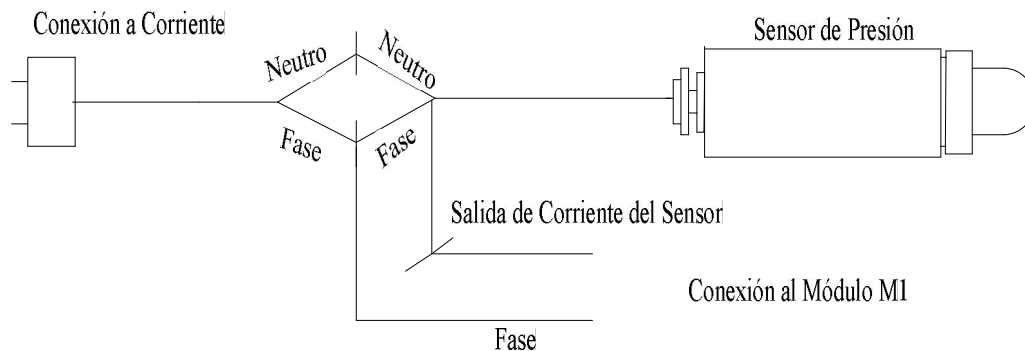
## **3.4.2 Sensores y conexión de cables.**

Para el presente banco de ensayos se cuenta con cinco sensores, dos analógicos (presión, temperatura) y tres digitales (final de carrera, fotoeléctrico, nivel).

### **3.4.2.1 Sensores analógicos.**

Entre estos tenemos el sensor de presión y el de temperatura.

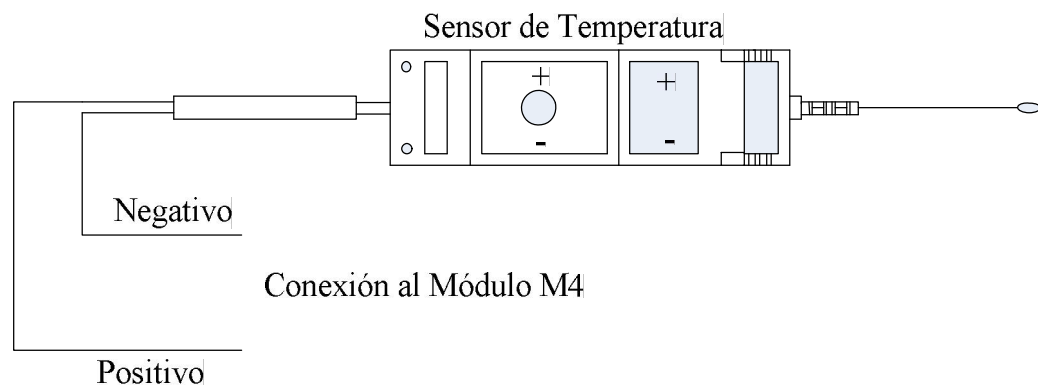
**Sensor de Presión.-** El sensor de presión es un modelo PX309-100G5V, soporta de 0 a 100 PSI, la entrada de voltaje es de 0 a 5V, funciona con un transformador de corriente que tiene de entrada 120VAC 60Hz y una salida de 16 a 23VDC y 300mA máximos. Para la conexión de los cables lo he realizado como se muestra en la figura 3.17, tomando en cuenta las indicaciones del fabricante y los respectivos manuales.



**Figura 3.17 Sensor de Presión.**

**Sensor de Temperatura.-** El sensor de temperatura es una termocupla tipo T, que soporta una temperatura de operación de 0°C a 60°C y una temperatura de almacenamiento de -20°C a 70°C, la humedad es de 0 a 95% (no concentrado), para el perfecto funcionamiento del equipo se deben tomar en cuenta estas especificaciones.

Para las conexiones de los cables se lo ha realizado de acuerdo al el manual del fabricante las mismas que se muestran en la figura 3.18.



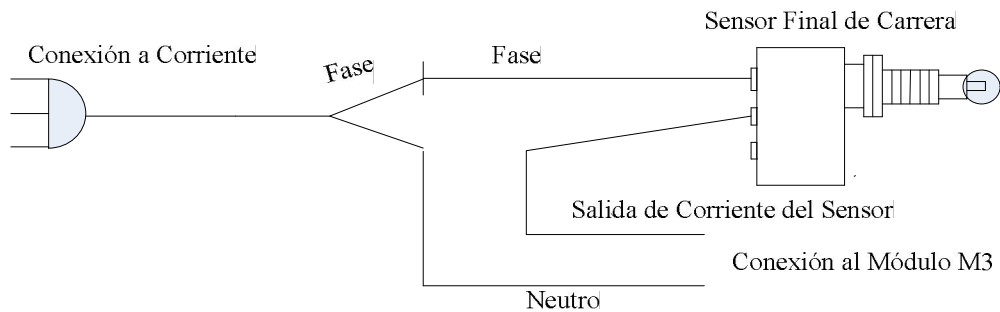
**Figura 3.18 Sensor de Temperatura**

### 3.4.2.2 Sensores digitales.

Entre estos tenemos el sensor final de carrera, fotoeléctrico, y de nivel.

**Sensor Final de Carrera.-** El sensor final de carrera es modelo E47BMS10, de 15 amperios, tiene una velocidad de operación de 0.01 m/s a 1 m/s, con una temperatura de operación básica de -25 a 80 °C, y una resistencia de contacto de 15m Ohmios máxima inicial.

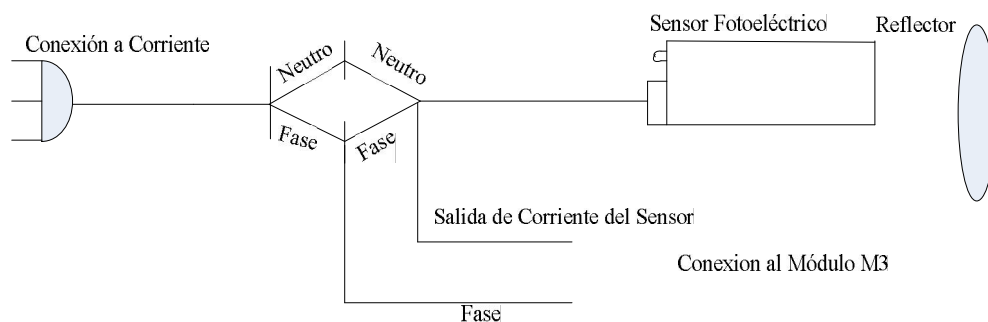
En la conexión de los cables se los ha realizado con recomendaciones del fabricante, en la figura 3.19 se muestran sus conexiones.



**Figura 3.19 Sensor Final de Carrera.**

**Sensor fotoeléctrico.-** El sensor fotoeléctrico tiene un rango de temperatura de operación y almacenamiento de -40°C a +70°C, una vibración de 30g sobre 10 Hz a 2 kHz, su lente reflector es de policarbonato.

Gracias a las manuales se ha logrado una perfecta conexión de los cables, así como se muestra en la figura 3.20 se indica la conexión de los cables.

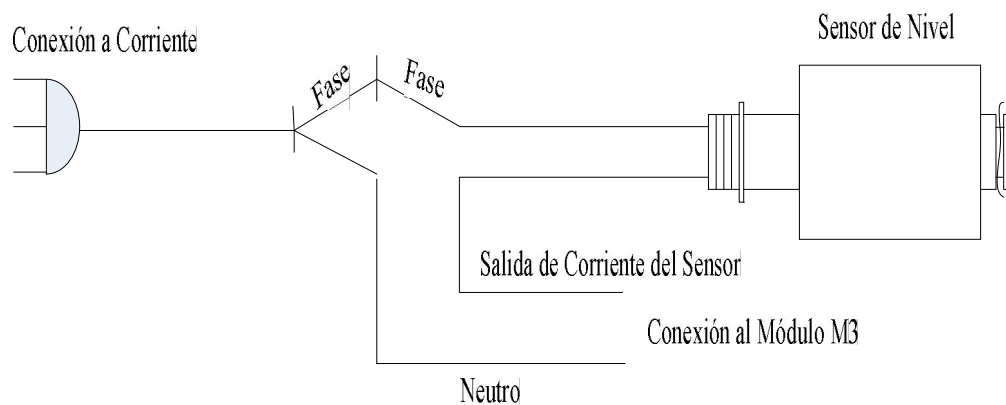


**Figura 3.20 Sensor Fotoeléctrico.**

**Sensor de nivel.-** El sensor de nivel modelo LV-21, tiene una temperatura de operación en agua de -40°F a 180°F, y en aceite -40°F a 230°F, su rango de presión es de 150 PSI, la gravedad

flotante es de 0.59, para determinar la gravedad específica mínima del fluido añadir 0.1 y para líquidos claros 0.3.

Para la conexión de los cables se ha seguido paso por paso las recomendaciones del fabricante tal como se muestra en la figura 3.21.



**Figura 3.21 Sensor de Nivel.**

### **3.4.3 Funcionamiento del banco de ensayos.**

Para el adecuado desempeño del banco de ensayos se debe contar con lo siguiente.

Tener una computadora con conexión a red o con tarjeta inalámbrica para red, poseer el software para el PLC (modelo EZPLC-A-32E), tener el software de LabVIEW versión 8.2, poseer los instaladores de ni\_modbus8.2.exe para que LabVIEW funcione con Modbus, tener los instaladores para un ruteador (modelo DIR-300), y poseer los instaladores para un cable serial (modelo RS232). Todo este software e instaladores son indispensables para el funcionamiento del banco de ensayos.

El banco de ensayos consta de un PLC (modelo EZPLC-A-32E), un ruteador (modelo DIR-300), tres módulos, (EZIO-4ANI4NOV, EZIO-4ACI4RLO, EZIO-4THIE), cinco sensores, dos analógicos, (temperatura, presión), y tres digitales, (fotoeléctrico, final de carrera, nivel). Contar con las instalaciones adecuadas para poner en funcionamiento el banco de ensayos.

### **Acoplamiento de los módulos en el PLC.**

Los módulos se acoplan fácilmente al PLC, al manipular se lo hace de forma cuidadosa ya que son elementos delicados, en el banco de ensayos se encuentran acoplados tres módulos los mismos que están ubicados en M1 el módulo EZIO-4ANI4NOV, en M3 el modulo EZIO-4ACI4RLO y en M4 el módulo EZIO-4THIE de acuerdo a como se programo la ubicación de los módulos por medio

del software del PLC. Los módulos son diseñados para un determinado sensor de tal manera que debe ser ubicado en el lugar correcto en el PLC.

### **Conexión de los sensores en los módulos.**

Los módulos se encuentran acoplados al PLC, tal como se configuró y programó en el software del PLC, los sensores son ubicados de acuerdo a la posición de cada módulo ya que para cada sensor puede pertenecer distinto tipo módulo, como se detalla a continuación.

**Para el sensor de presión.-** Su módulo es EZIO-4ANI4NOV, el módulo consta de 11 pines los cuales son distribuidos de la siguiente manera, las cuatro primeras posiciones son salidas y la quinta posición es el común de la salida de la sexta a la novena posición son las entradas y la décima posición es el común de la entrada, y la posición undécima no tiene ninguna función, del sensor de presión salen dos cable, uno que es la salida de la corriente del sensor que se ubica en la entrada del módulo y el otro que viene de la fase que se ubica en el común de la entrada del módulo.

**Para el sensor de temperatura.-** Su módulo es EZIO-4THIE, éste al igual que el módulo de presión consta de 11 pines los mismos que se distribuyen de la siguiente manera, las ocho primeras posiciones son entradas, una positiva y la siguiente negativa de tal manera que se hacen cuatro entradas positivas y cuatro entradas negativas, de la novena a la onceava posición no se usan, el sensor de temperatura salen dos cables, uno positivo que se ubica en la entrada positiva del módulo y el otro que es negativo que se ubica en la entrada negativa del módulo.

**Para el sensor fotoeléctrico.-** Se usa el módulo EZIO-4ACI4RLO éste al igual que los anteriores consta de 11 pines los mismos que están distribuidos de la siguiente manera, las cuatro primeras posiciones son entradas y la quinta posición es el común de la entrada de la sexta a la novena posición son las salidas y la décima posición es el común de la salida, y la posición undécima no tiene ninguna función, del sensor fotoeléctrico salen dos cables, uno que es la salida de la corriente del sensor que se ubica en la entrada del módulo y el otro que viene de la fase que se ubica en el común de la entrada del módulo.

**Para el sensor final de carrera.-** Su módulo es EZIO-4ACI4RLO éste consta de 11 pines los mismos que están distribuidos de la siguiente manera, las cuatro primeras posiciones son entradas y la quinta posición es el común de la entrada de la sexta a la novena posición son las salidas y la décima posición es el común de la salida, y la posición undécima no tiene ninguna función, del sensor final de carrera salen dos cables, uno que es la salida de la corriente del sensor que se ubica en la segunda entrada del módulo y el otro que viene de la fase que se ubica en el común de la entrada del módulo.



**Para el sensor de nivel.-** Su módulo es EZIO-4ACI4RLO éste al igual que los anteriores consta de 11 pines los mismos que están distribuidos de la siguiente manera, las cuatro primeras posiciones son entradas y la quinta posición es el común de la entrada de la sexta a la novena posición son las salidas y la décima posición es el común de la salida, y la posición undécima no tiene ninguna función, del sensor de nivel salen dos cables, uno que es la salida de la corriente del sensor que se ubica en la tercera entrada del módulo y el otro que viene de la fase que se ubica en el común de la entrada del módulo.

Estas ubicaciones se la hacen de acuerdo a la programación realizada en la LabVIEW y a la configuración en el PLC, si se cambia las ubicaciones de los sensores el programa en LabVIEW no funcionará.

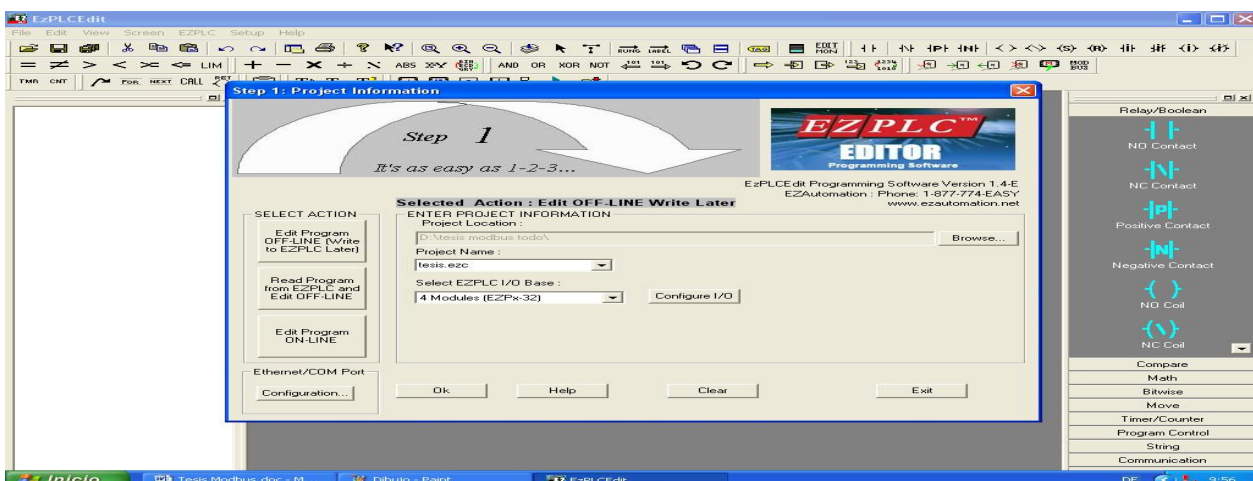
También he colocado cuatro focos al módulo EZIO-4ACI4RLO, de los mismos que salen cinco cables los cuales cuatro se ubican en la salida del módulo y el último en el común de la salida del módulo.

### 3.4.4 Software para el programar el PLC.

Una vez instalado el software para el PLC, instalado el cable serial, instalado el software del ruteador e instalado el ni\_modbus8.2.exe para que LabVIEW funcione con Modbus, en el computador. Conectar el cable serial desde el PLC a través del puerto Ethernet al computador, procedemos a abrir el programa del PLC.

#### **Pasos para programar al PLC.**

Abrir el software del PLC y proceder a seleccionar la acción, en este caso se lo realiza así como se muestra en la figura 3.22 y siguiendo los pasos que se indican.



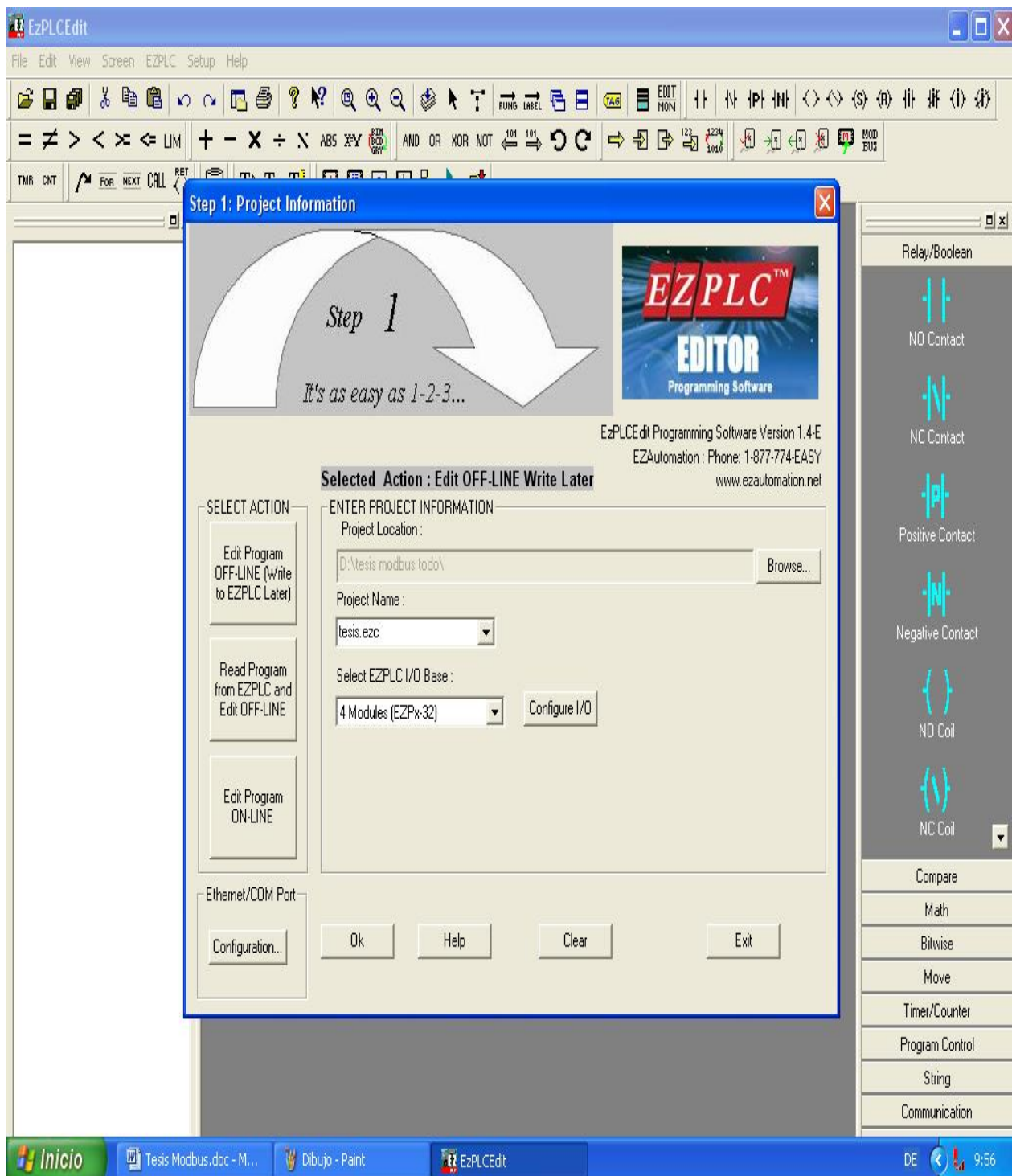
**Figura 3.22 Seleccionar la Acción**

**Selection:** [Edit program OFF-LINE (write to EZPLC later)].

Hacer clic en **Project Name**. Poner un nombre para el proyecto, en este caso se llama **Tesis.ezs**.

En la opción **Select EZPLC I/O Base**: escoger **4 modules (EZP x – 32)**.

De las diferentes opciones que se muestran en la pantalla se escoge la que pertenece al PLC utilizado, el mismo que corresponde a **4 modules (EZP x – 32)**, así como se muestra en la figura 3.23.



**Figura 3.23 Nombre y Configuración del Programa.**

## Configuración de los módulos.

Hacer clic en **Configure I/O**, y automáticamente aparece una tabla con la ubicación de los módulos, desde M1 hasta M4 en el cual se configura los módulos dando clic derecho en el ratón y colocamos los respectivos módulos en la ubicación que deseamos, en nuestro caso se ubico como se muestra en la figura 3.24.

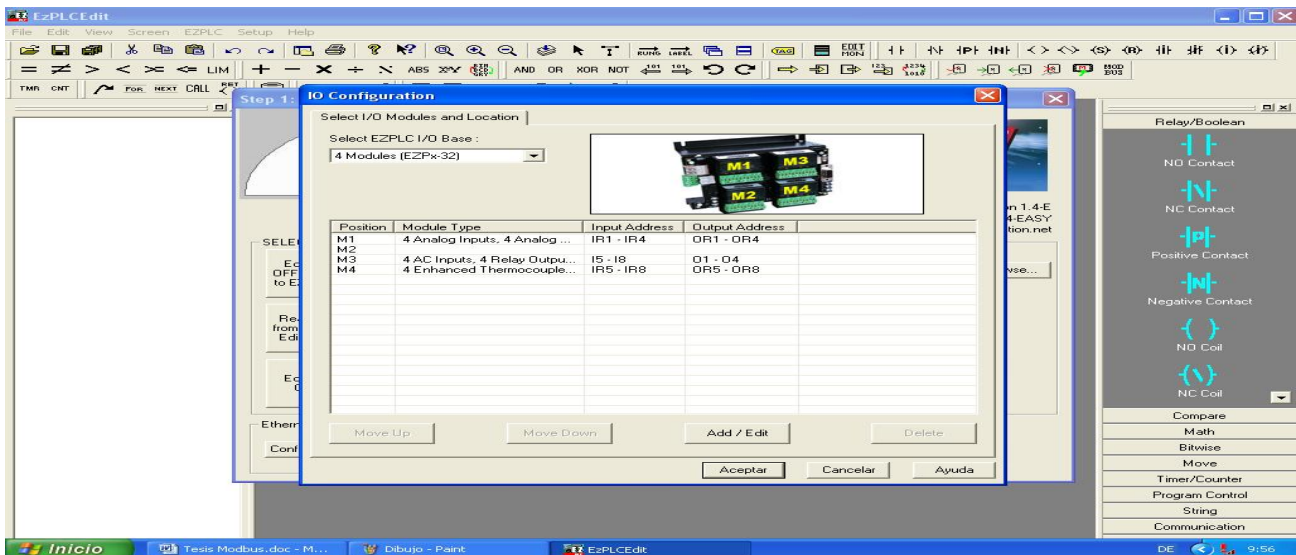


Figura 3.24 Configuración de los módulos.

## Ubicación del puerto.

Hacer clic en **Configuration Ethernet/ COM Port** para ubicar el puerto se debe escoger uno de los COM será el que se comuniquen con el equipo, como se ve en la figura 3.25.

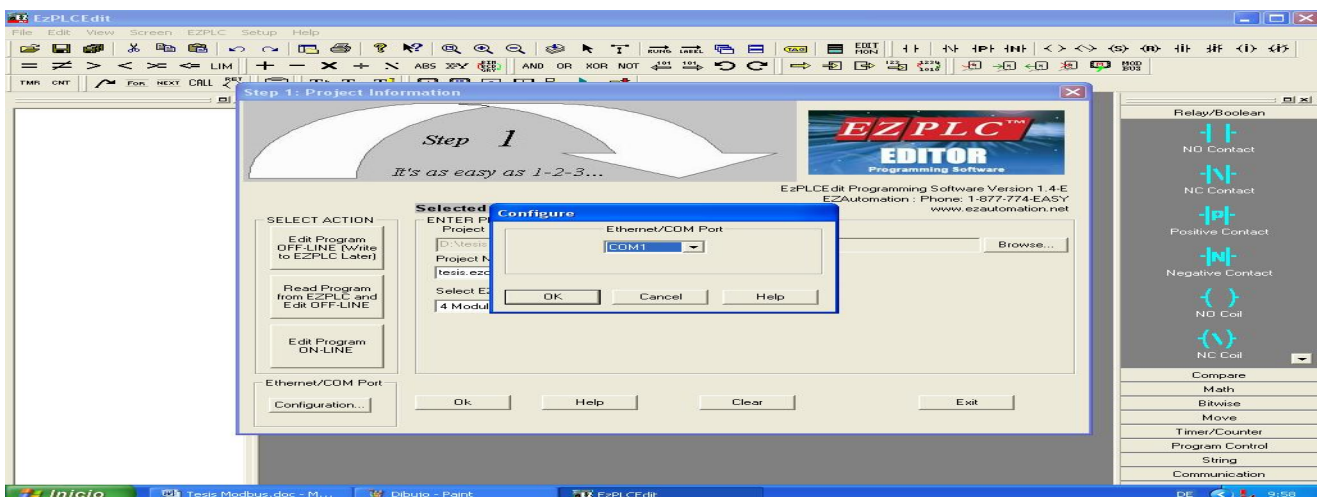


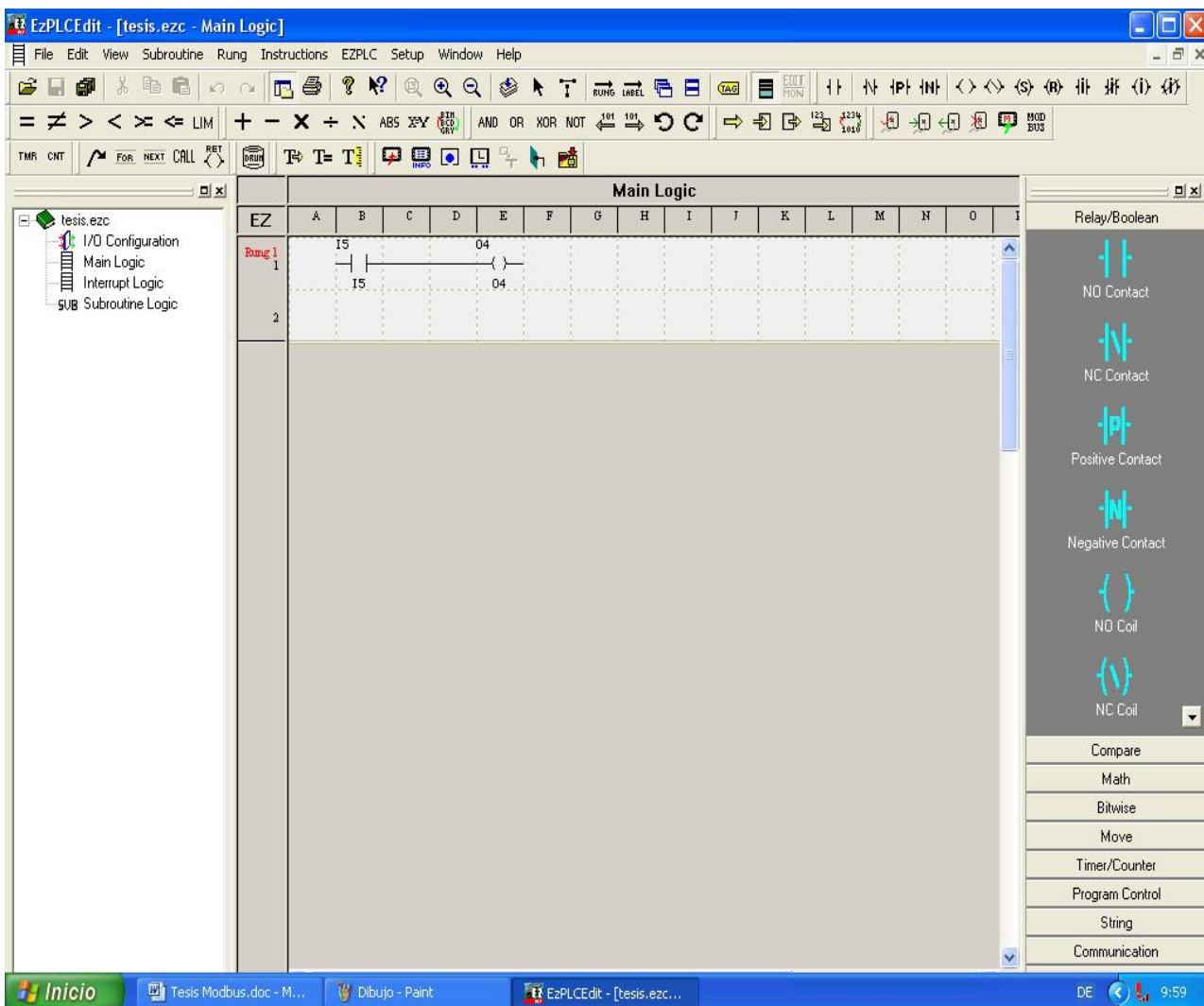
Figura 3.25 Ubicación del Puerto.

### Programa de funcionamiento del sensor.

Una vez configurado el PLC, automáticamente se abre una ventana donde se puede realizar un programa en el PLC, de acuerdo a las necesidades del operador responsable.

El programar del PLC, queda almacenado en la memoria del mismo durante todo el tiempo que uno requiera, y será las ordenes de este programa el que predomine en el momento de funcionamiento del banco de ensayos.

En la figura 3.26 se puede observar un pequeño programa en el PLC, el mismo que se almacena de tal manera que cumplirá con los requisitos de funcionabilidad que se necesita.



**Figura 3.26 Programa para el Funcionamiento de los Sensores.**

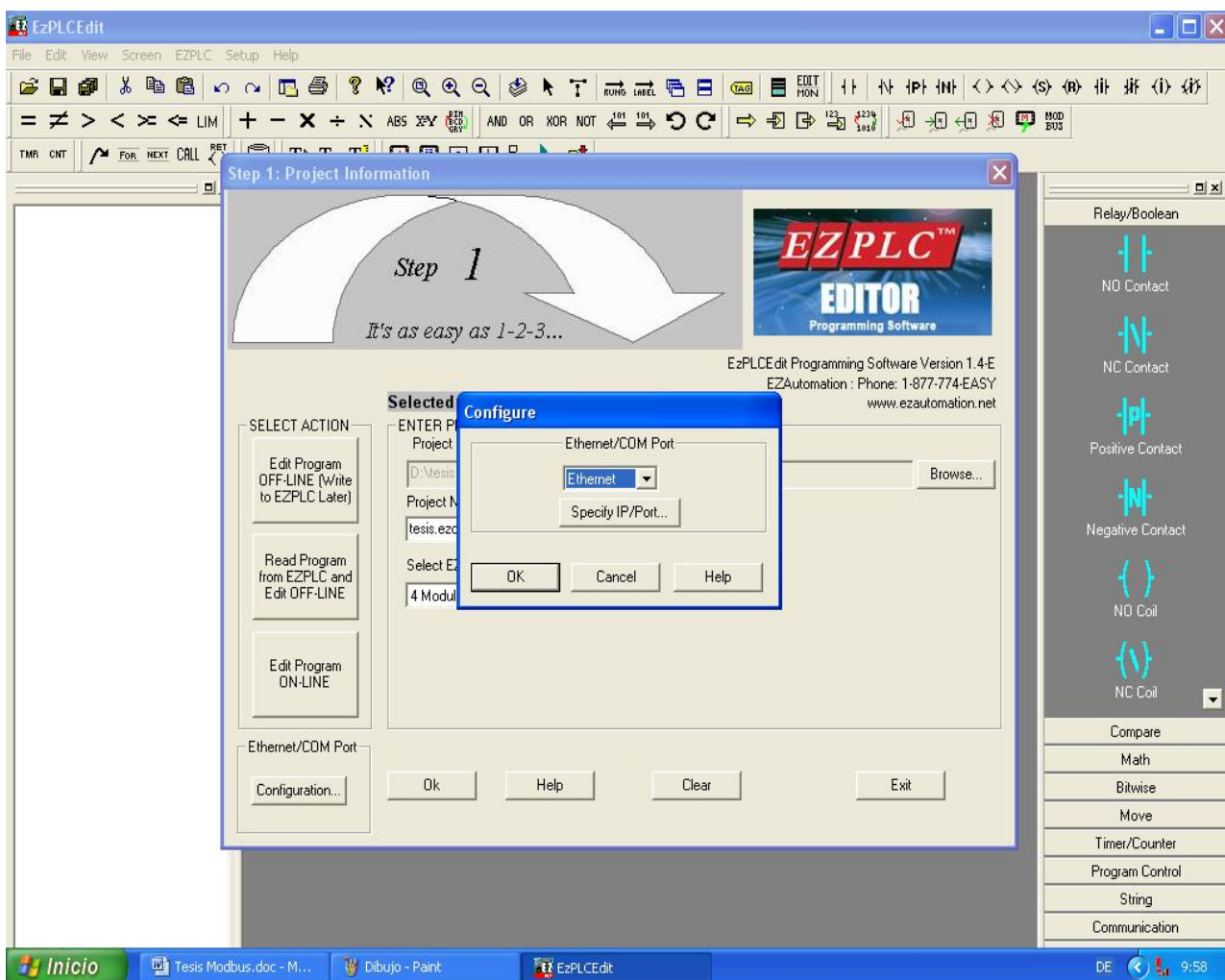
### Configuración para el ruteador.

Para realizar la configuración del ruteador se debe primero configurar el PLC.

Configurado el PLC, se procede a retirar el cable serial que se encuentra conectado entre el computador y el puerto EtherNet del PLC y se coloca un ruteador para lograr la comunicación entre el PLC y el computador.

El ruteador se conecta en el puerto EtherNet que está ubicado en del PLC y gracias al protocolo de comunicación Modbus TCP/IP se logra comunicar del PLC con el computador.

En el programa del PLC se debe configurar para EtherNet cuando se conecta el ruteador como se muestra en la figura 3.27.



**Figura 3.27 Configuración para el Ruteador.**

### **Escribir el programa en el PLC.**

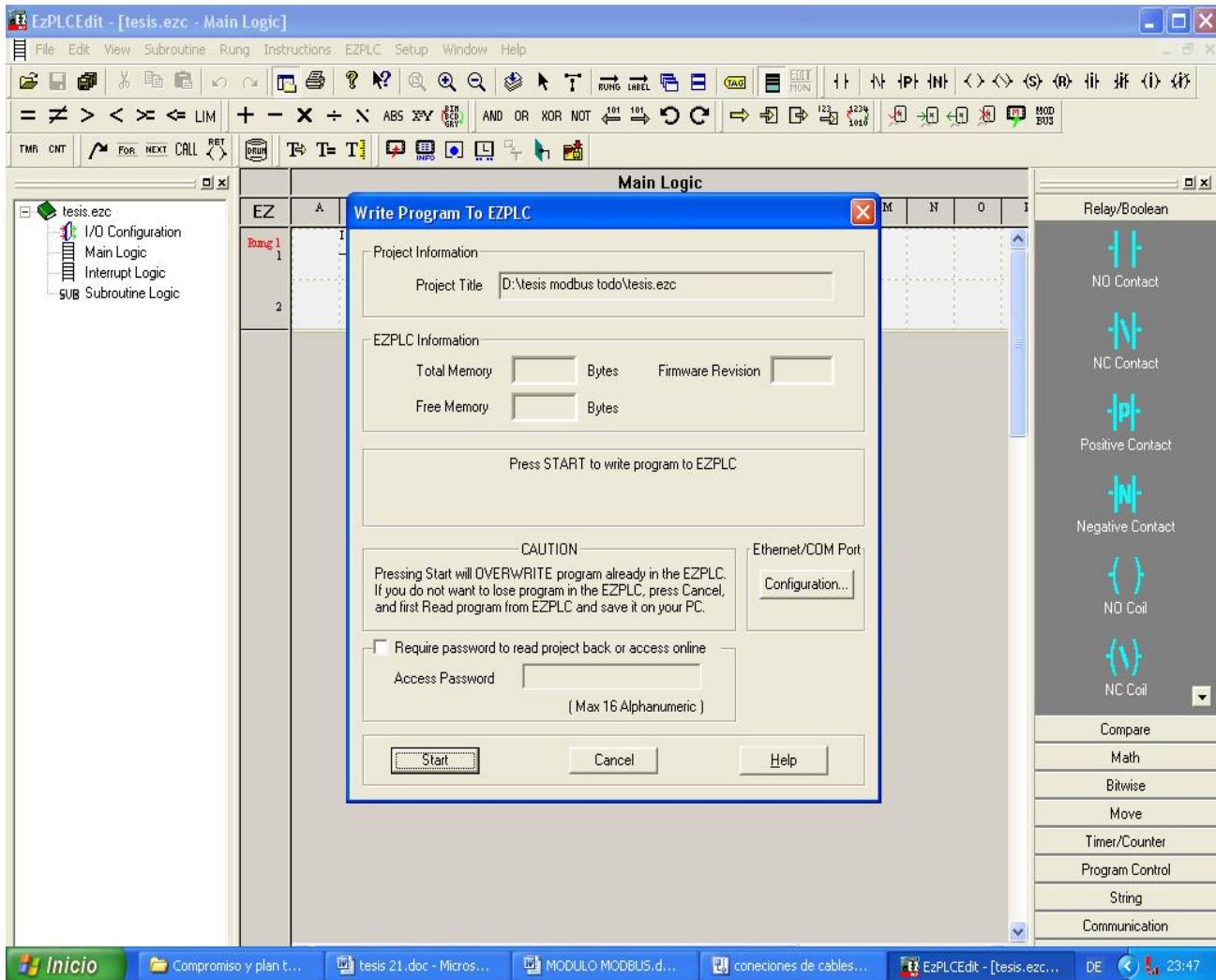
Para escribir el programa en el PLC se debe utilizar control T y se abre una ventana,

Una vez abierta la ventana se debe verificar los datos que se muestran en la pantalla sean los correctos de la configuración realizada al PLC.



Con la verificación de los datos correctos hacer clic en **Start**, para que el programa quede escrito en el PLC.

En la figura 3.28, se muestra la manera como se escribe el programa en el PLC.



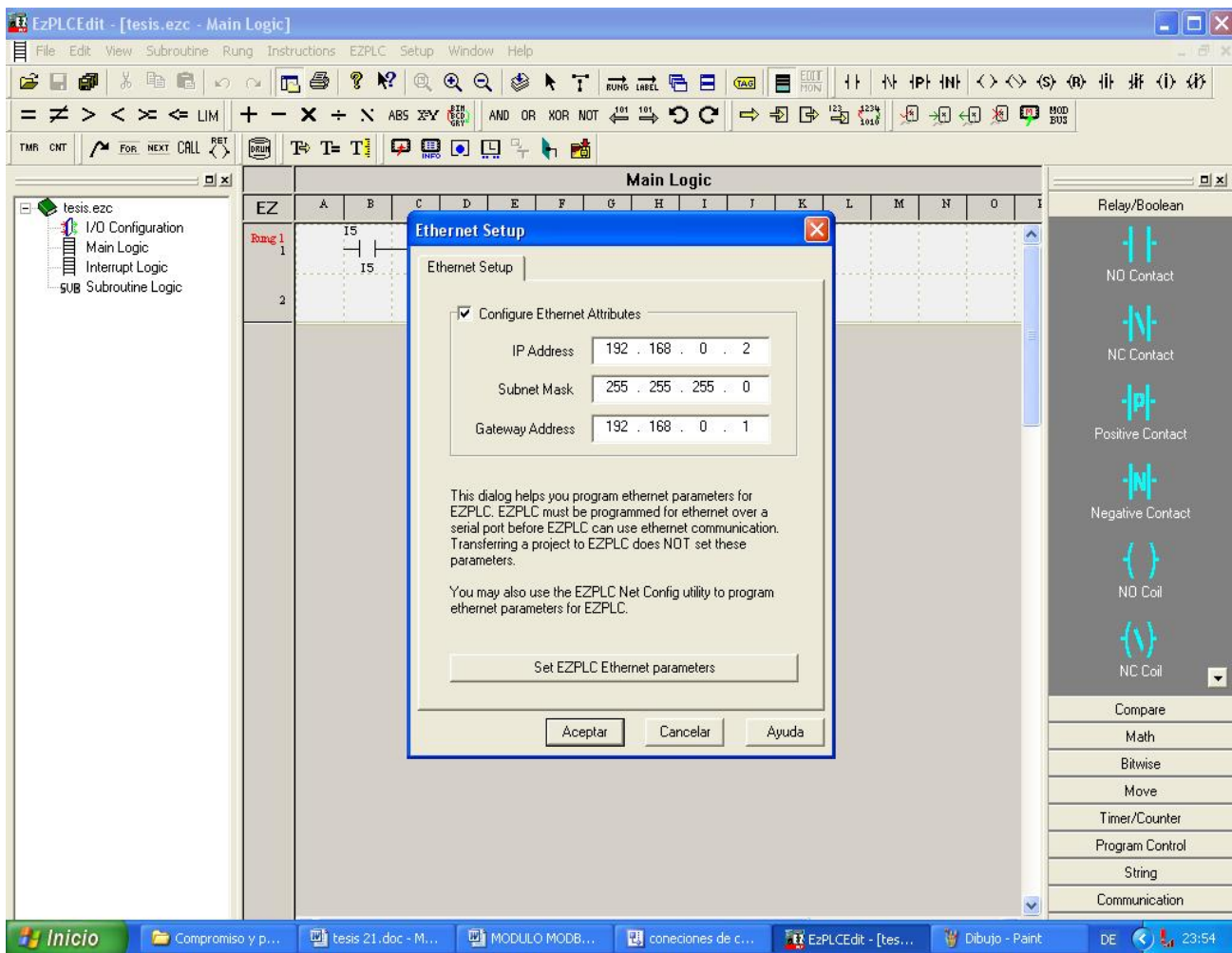
**Figura 3.28 Escribir el Programa en el PLC.**

### Dirección de IP.

Una **dirección IP** (protocolo de internet) es un número que identifica de manera lógica y jerárquica una interfaz de un dispositivo dentro de una red que utiliza el protocolo IP que corresponde al nivel de red o nivel 3 del modelo de referencia OSI.

Las direcciones IP están formadas por cuatro números separados cada uno por un punto. Se emplea un byte para cada número, por lo tanto cada número estará comprendido entre 0 y 255.

Para la dirección de IP y otros, se busca **setup** y se escoge **EtherNet setup** como se muestra en la figura 3.29 y se procede a poner correctamente los parámetros que corresponden.



**Figura 3.29 Dirección de IP.**

De esta manera se configura y se programa el PLC para la respectiva ubicación de los módulos, conexión de los sensores y programación de los mismos, de acuerdo a los requerimientos de funcionamiento.

### **3.4.5 Software para programar labVIEW.**

Para poder manejar el programa LabVIEW es necesario que se encuentre conectado e instalado todo el equipo que se necesita para el perfecto funcionamiento del banco de ensayos.

Abrir el software de LabVIEW, buscar el programa que ya lo he realizado según las necesidades de funcionamiento del equipo, el programa se llama (todo\MB Ethernet Example Master.vi), cuando el programa se abre debemos poner correctamente la dirección de IP.

En el panel frontal se muestra gráficamente los diferentes controles, escalas de medición para los diferentes sensores analógicos, indicadores los cuales indican el funcionamiento de los sensores digitales, los registros internos del PLC, controles de las salidas discretas las mismas que se los representa por medio de indicadores, así como se muestra en la figura 3.30.

Se puede observar además en las entradas discretas del PLC : los sensores de nivel de fluido, sensores de fin de carrera, sensor fotoeléctrico, en los registros internos del PLC. Escribir en registros internos y la lectura de los registros interno en el PLC. En las salidas discretas del PLC constan las salidas para escribir, y los respectivos focos.

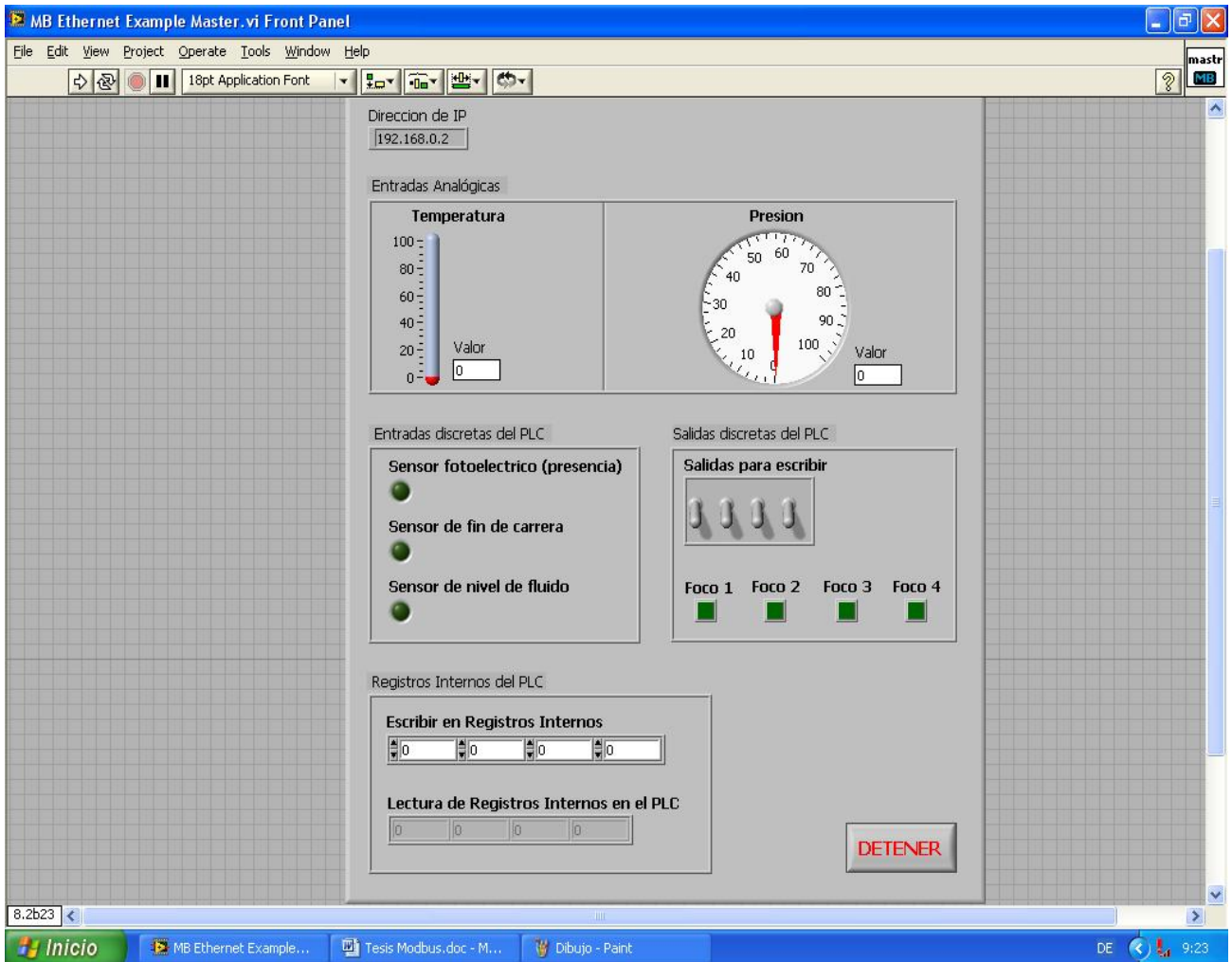


Figura 3.30 Panel frontal.

### Explicación del diagrama de bloque.

Cuando estamos ubicados en el panel frontal hacemos **control E**, y se abre la ventana de diagrama de bloque. Existen 3 VI desde la número 0 hasta la 2, y en la VI 1 se ubican 7 sub VIs que van desde la 0 hasta la 6.

### En la capa VI 0.

Se encuentra la caja para abrir una conexión de TCP en la cual va la dirección de IP y puerto remoto, así como se muestra en la figura 3.31



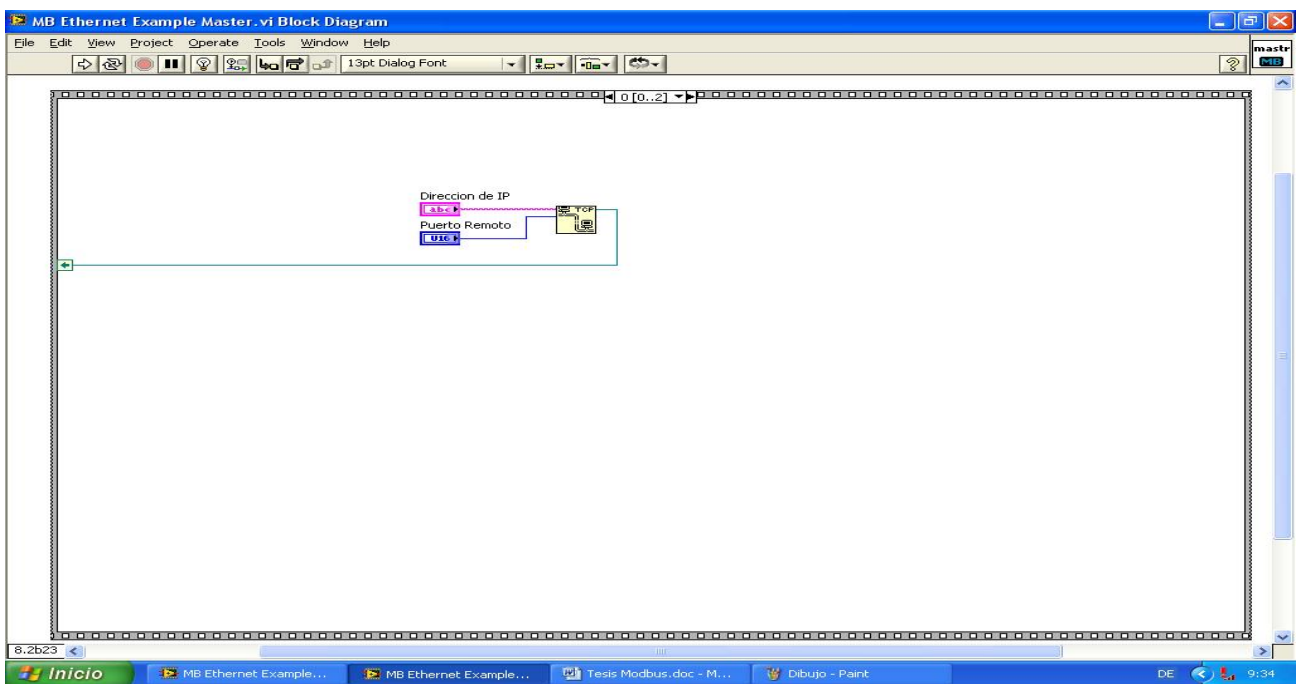


Figura 3.31 Capa VI 0.

En la capa VI 1.

En la capa VI 1 contiene 7 capas sub VIs desde 0 hasta 6, en esta capa se obtiene una secuencia que se repite, de tal manera como se ve en la figura 3.32

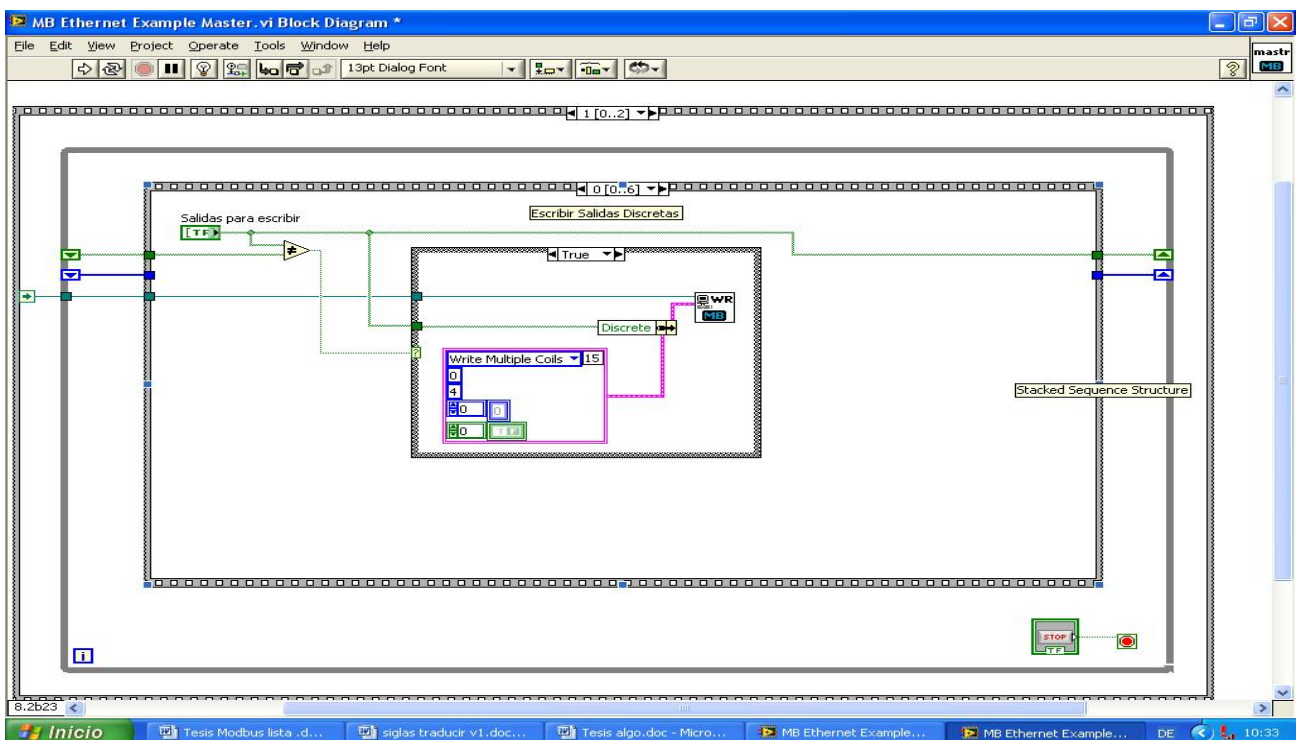


Figura 3.32 Capa VI 1.



**En la capa sub VIs 2.**

The screenshot displays the LabVIEW Block Diagram for the 'MB Ethernet Example Master.vi'. The diagram is organized into a main frame with a sub-frame labeled '2 [0..6]'. Inside this sub-frame, there is a 'Leer Entradas Discretas' label. A 'Read Discrete Inputs' subVI is connected to a 'Discrete' input block, which is then connected to three digital input modules (0, 1, 2). These modules are connected to three sensors: 'Sensor fotoelectronico (presencia)', 'Sensor de fin de carrera', and 'Sensor de nivel de fluido'. A 'STOP' button is also visible in the bottom right corner of the diagram.

**Figura 3.35 Capa sub VIs 2.**

### Lectura de las entradas discretas.

La lectura para los sensores digitales en las posiciones I5, I6, I7, son las siguientes:

I5 corresponde al sensor fotoeléctrico.

I6 corresponde al sensor final de carrera.

I7 corresponde al sensor de nivel.

Entradas discretas	
Posición	Lectura
0	I1
1	I2
2	I3
3	I4
4	I5
5	I6
6	I7
7	I8

**Tabla 3.22 Lectura de Entradas Discretas.**

Posición del arreglo, los arreglos solo son posiciones para ver como se ubican los elementos en este caso los sensores digitales, entre un sí y un no.

Posiciones		
0	1	2
Si	No	Si
I5	I6	I7

**Tabla 3.23 Posición del Arreglo.**

### Lectura de registros de entrada.

La lectura seria IR1, IR2, IR3, IR4, IR5, y son las siguientes:

IR4 corresponde al sensor de presión.

IR5 corresponde al sensor de temperatura

Posición	Lectura
0	IR1
1	IR2
2	IR3
3	IR4
4	IR5

**Tabla 3.24 Lectura de Registros de Entradas.**

En la capa sub VIs 3.

Lectura de registros de entrada, el comando es 4 y tiene que leer desde la posición cero hasta la cuarta posición, como se ve en la figura 3.36.

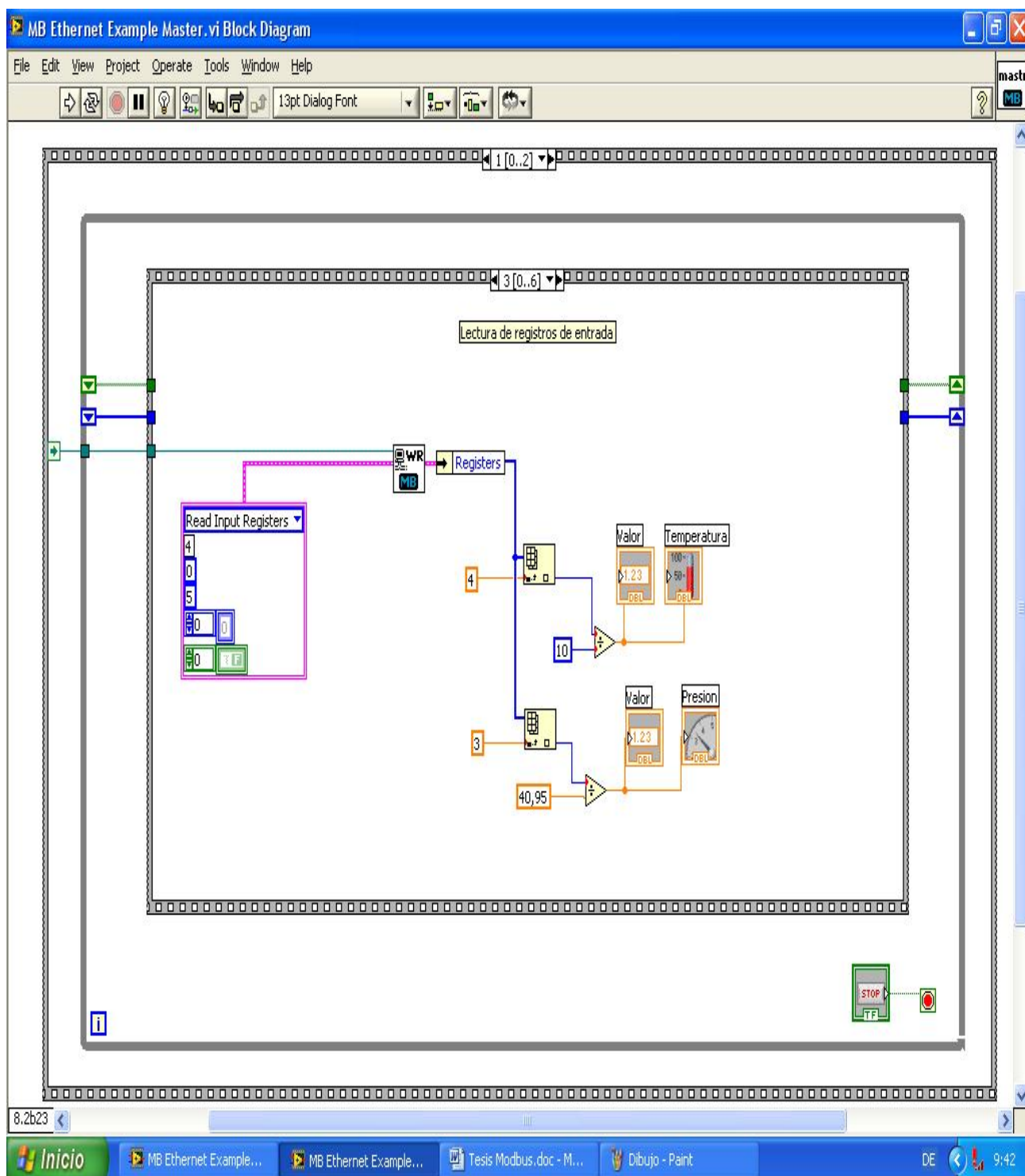


Figura 3.36 Capa sub VIs 3.

### Posición del arreglo.

Posición del arreglo, en este caso las posiciones tienen un rango de valores ya que los sensores que van son los analógicos los cuales dan un valores en las respectivas posiciones.

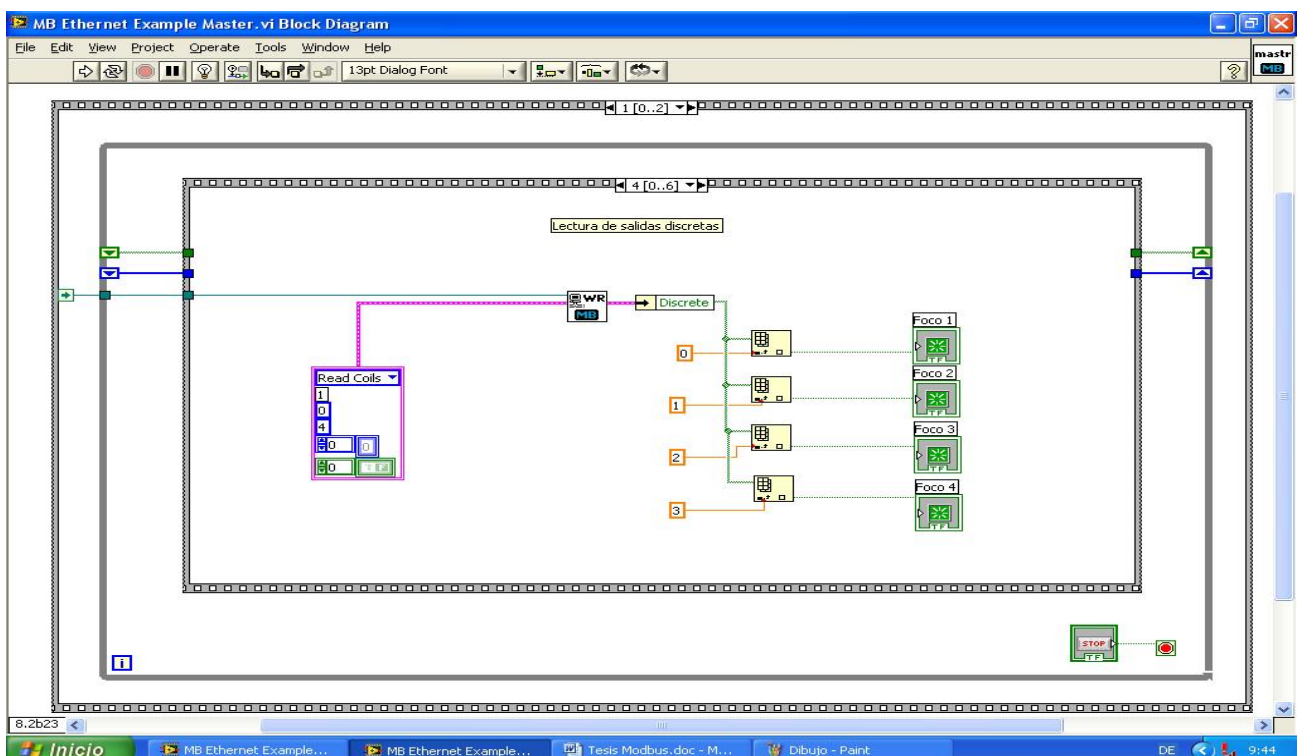
Posiciones del arreglo.				
0	1	2	3	4
0	0.61	0.90	1.2	2.5

**Tabla 3.25 Posición del Arreglo.**

Para el valor de la presión la dividí para 40,95 para obtener los decimales, se efectuó esta operación de acuerdo a las tablas en los manuales del fabricante. Para el valor de la temperatura la hemos dividido para 10 para obtener el valor del decimal, de igual manera se efectuó esta operación siguiendo las recomendaciones del fabricante.

### En la capa sub VIs 4.

Lectura de salidas discretas, el comando es 1 y tiene que leer desde la posición cero hasta la cuarta posición, así se muestra en la figura 3.37.



**Figura 3.37 Capa sub VIs 4**

### Lectura de salidas discretas.

La lectura de las salidas es: O1, O2, O3, O4, O5, que son las siguientes:

O1 corresponde al indicador 1.  
 O2 corresponde al indicador 2.  
 O3 corresponde al indicador 3.  
 O4 corresponde al indicador 4.

Salidas discretas	
Posición	Lectura
0	O1
1	O2
2	O3
3	O4
4	O5

**Tabla 3.26. Lectura de Salidas Discretas.**

### Posición del arreglo.

Posición del arreglo, los arreglos son posiciones para ver como se ubican los distintos elementos como en este caso los focos que están a la salida.

Posiciones				
0	1	2	3	4
OFF	ON	OF	ON	Común

**Tabla 3.27 Posición del Arreglo.**



### En la capa sub VIs 5.

Lectura de los registros internos, el comando de los registros internos es 3 y se van a leer desde cero hasta la cuarta posición, ver figura 3.38.

Estos registros internos son los valores internos del PLC que uno los escribe, y el PLC las puede leer comienzan desde R1 hasta 100 caracteres.

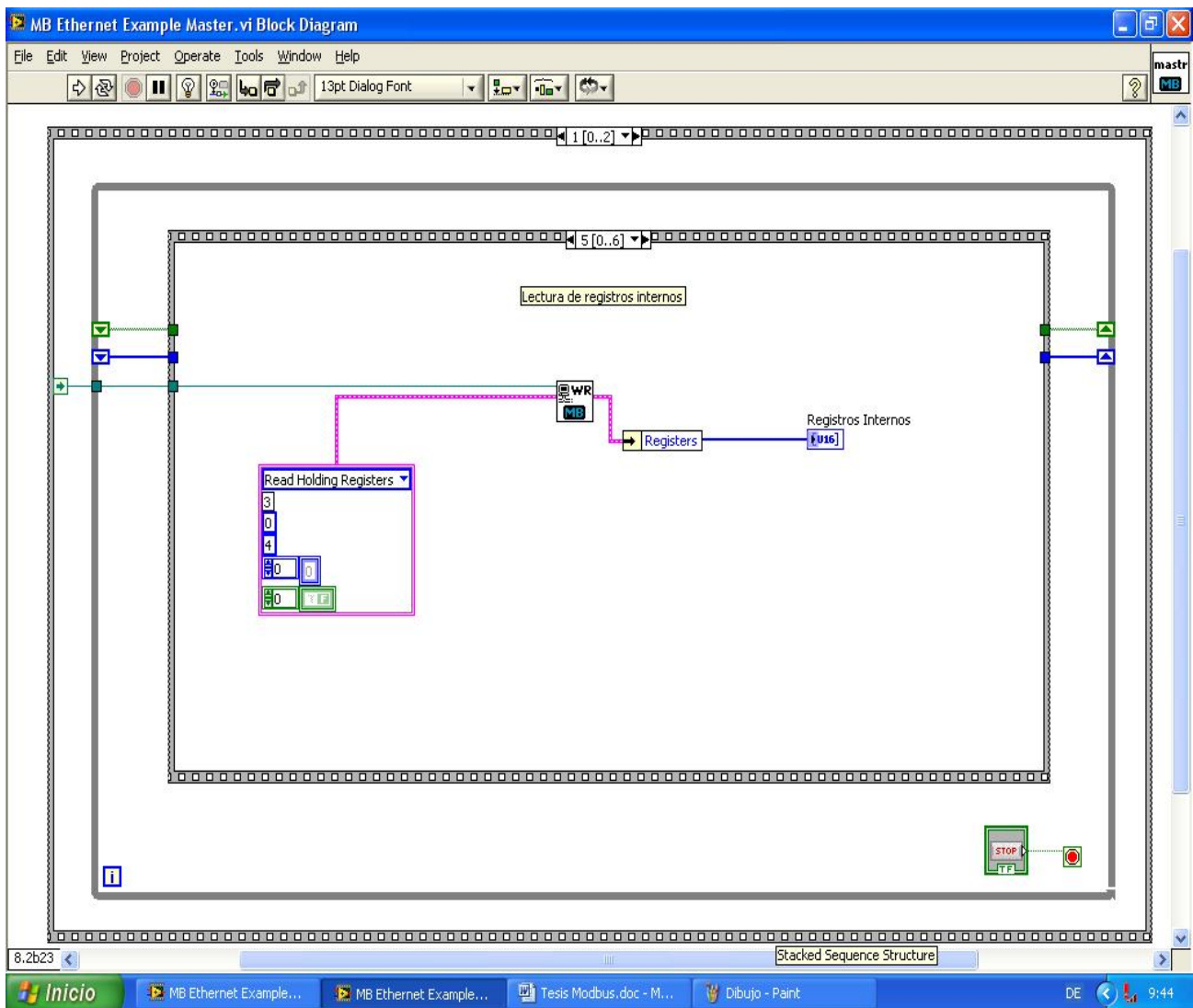


Figura 3.38 Capa sub VIs 5.

### En la capa sub VIs 6.

En esta capa sub VIs 6 se encuentra ubicado un temporizador, el mismo que al final de cada ciclo espera el tiempo que se está configurando, para realizar la lectura y escritura de los datos, su funcionamiento es como una pausa, por eso esta al final de todos los ciclos de la capa sub Vis 6, ver la figura 3.39.



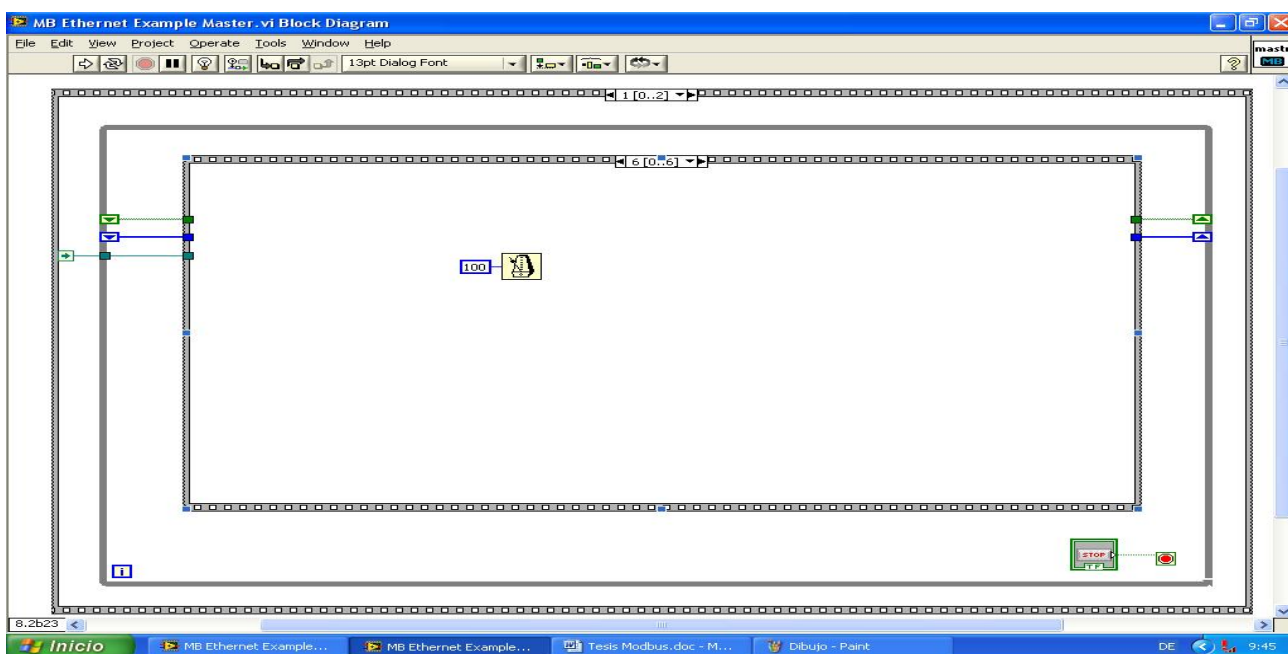


Figura 3.39 Capa sub VIs 6.

En la capa VI 2.

Esta capa VI 2 es la última es en la que se cierra todo, aquí tenemos una conexión de cerrada del TCP, y con eso termina el programa de LabVIEW que lo he realizado, en la figura 3.40 se muestra.

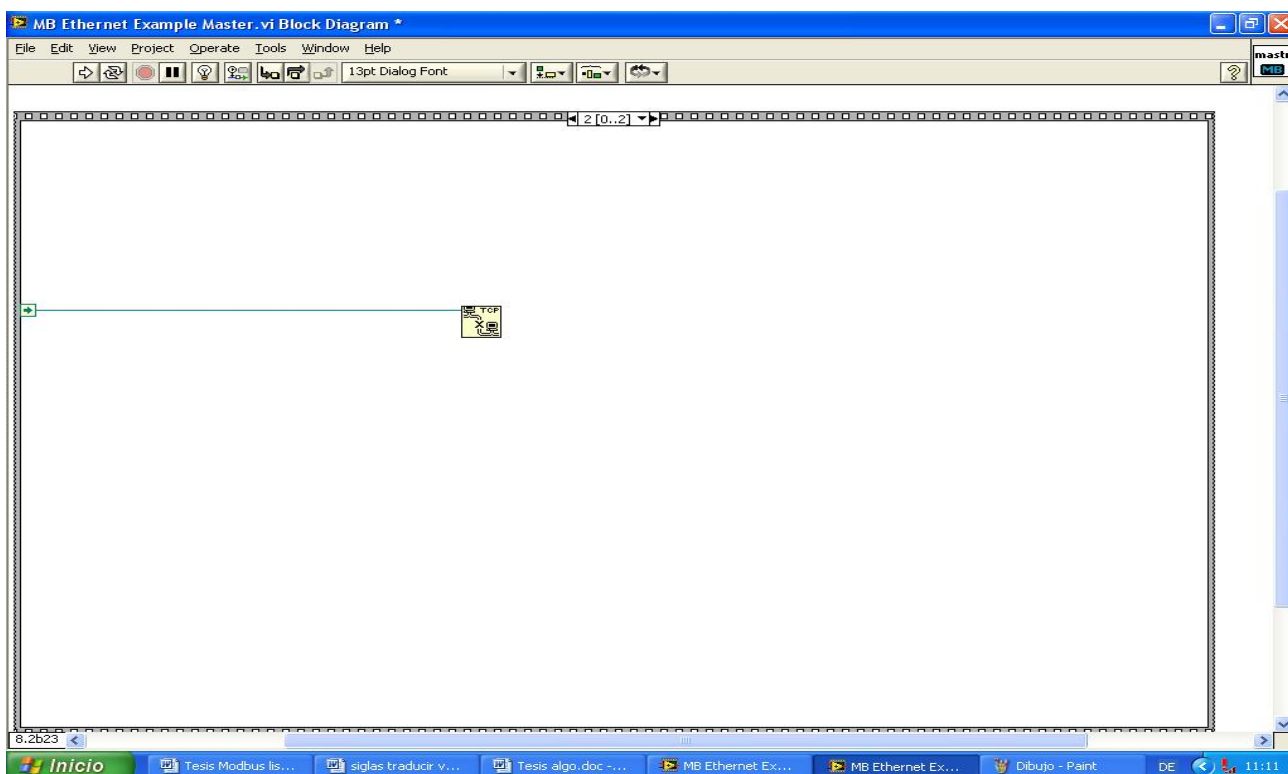


Figura 3.40 Capa VI 2.

Para cambiar las posiciones de las lecturas o escrituras.

Colocamos el ratón en una de las posiciones de lectura o escritura que queremos cambiar hacemos clic derecho y escoger **change to indicador**, así como se observa en la figura 3.41.

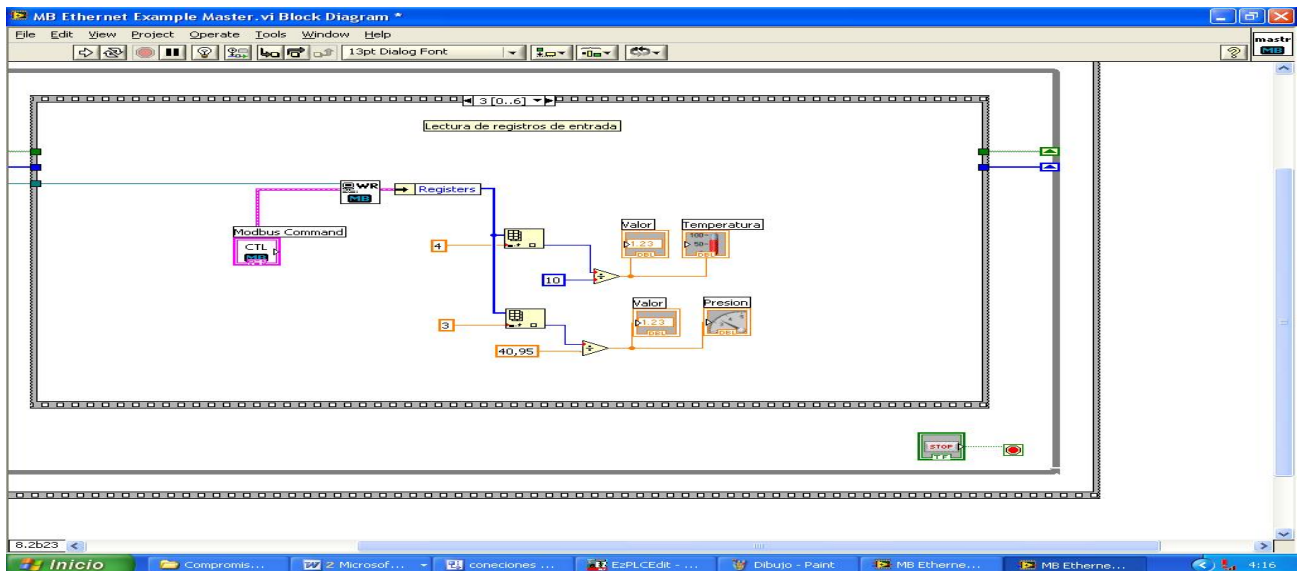


Figura 3.41 Cambio de Posición en Diagrama de Bloque.

Del diagrama de bloque paso al panel frontal con control E, como se muestra en la figura 3.42, para cambiar la posición a la deseada y volvemos al diagrama de bloques con control E, hacer clic derecho y escoger **change to control**, para obtener la posición inicial.

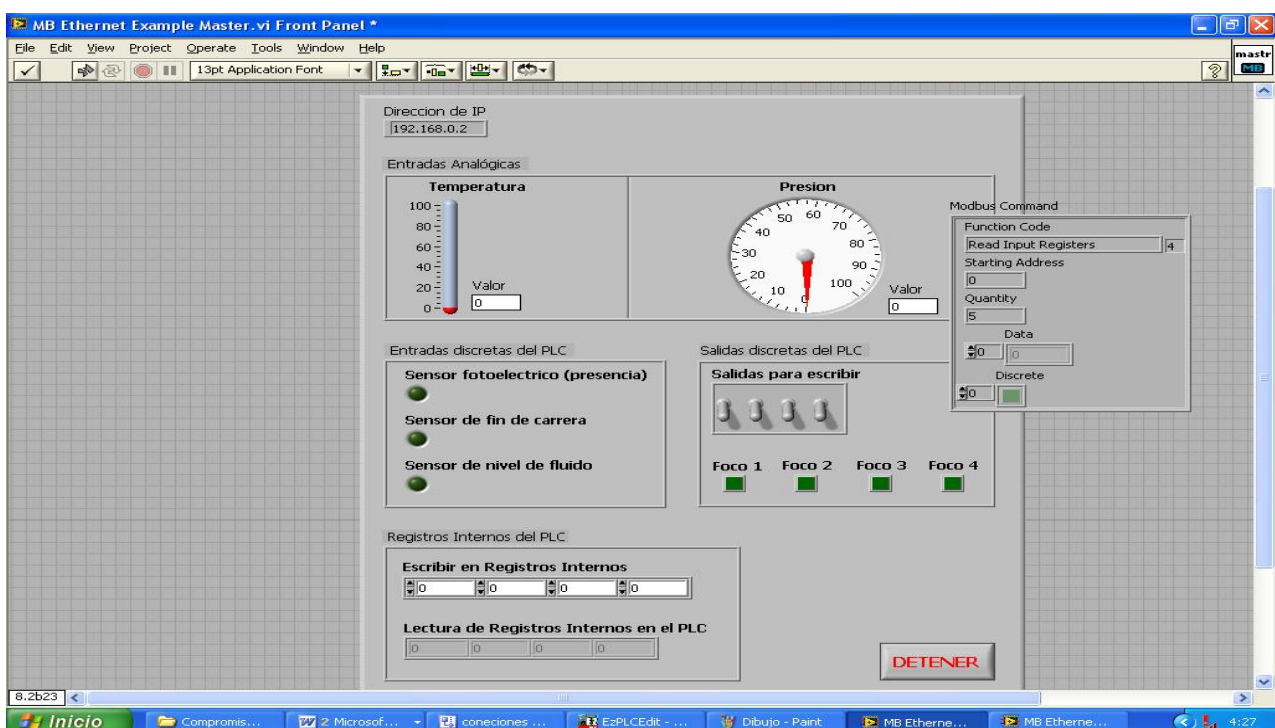
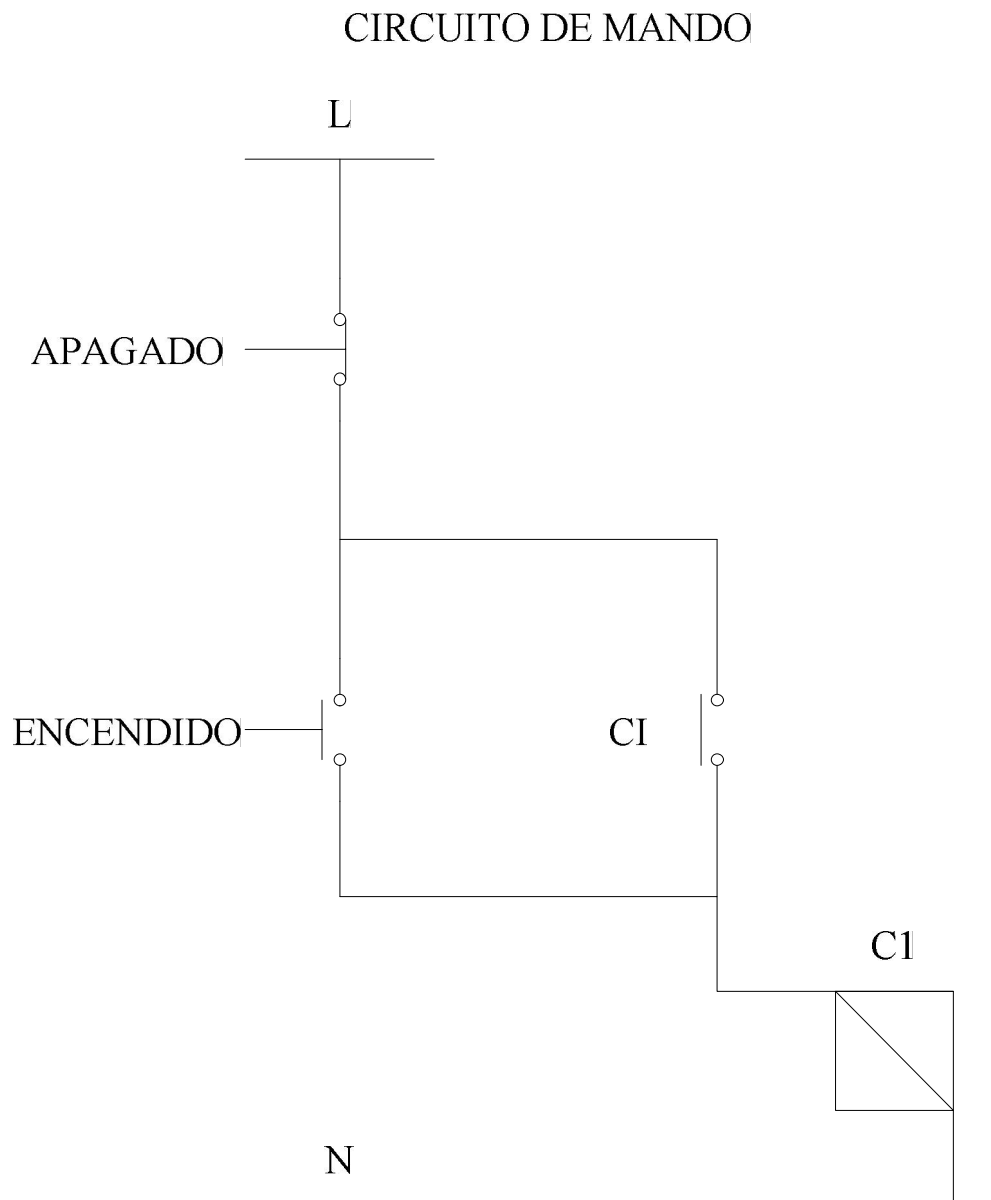


Figura 3.42 Cambio de Posición en el Panel Frontal.

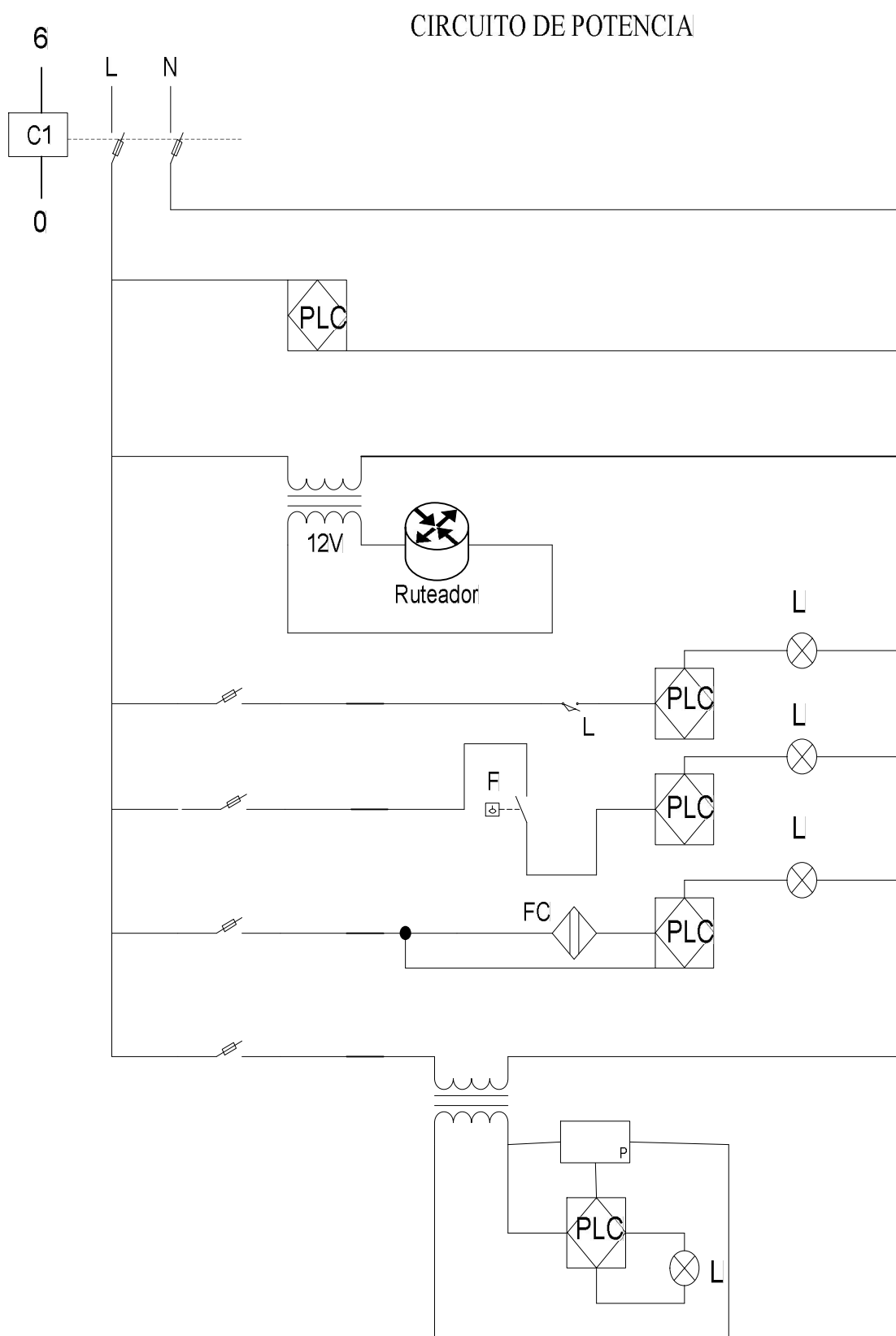
De esta manera realice el programa en LabVIEW, para poder controlar el banco de ensayos con sus respectivos sensores y demás elementos, por medio de los cuales se puede simular los diferentes procesos de la industria, de tal manera que los estudiantes se identifiquen el campo de la automatización industrial.

### 3.4.6 Diagramas del montaje del banco de ensayos.

A continuación se muestran los diagramas realizados para el montaje del banco de ensayos. Se realizó el diagrama del circuito de mando el mismo que se muestra en la figura 3.43. En el diagrama del circuito de potencia mostrado en la figura 3.44 se puede observar la manera en la que fue realizado. Finalmente en la figura 3.45 se observa el montaje del banco de ensayos con sus distintos elementos (sensores analógicos y digitales, PLC, ruteador).



**Figura 3.43 Circuito de Mando del Banco de Ensayos**



**Figura 3.44 Circuito de Potencia del Banco de Ensayos**

## BANCO DE ENSAYOS

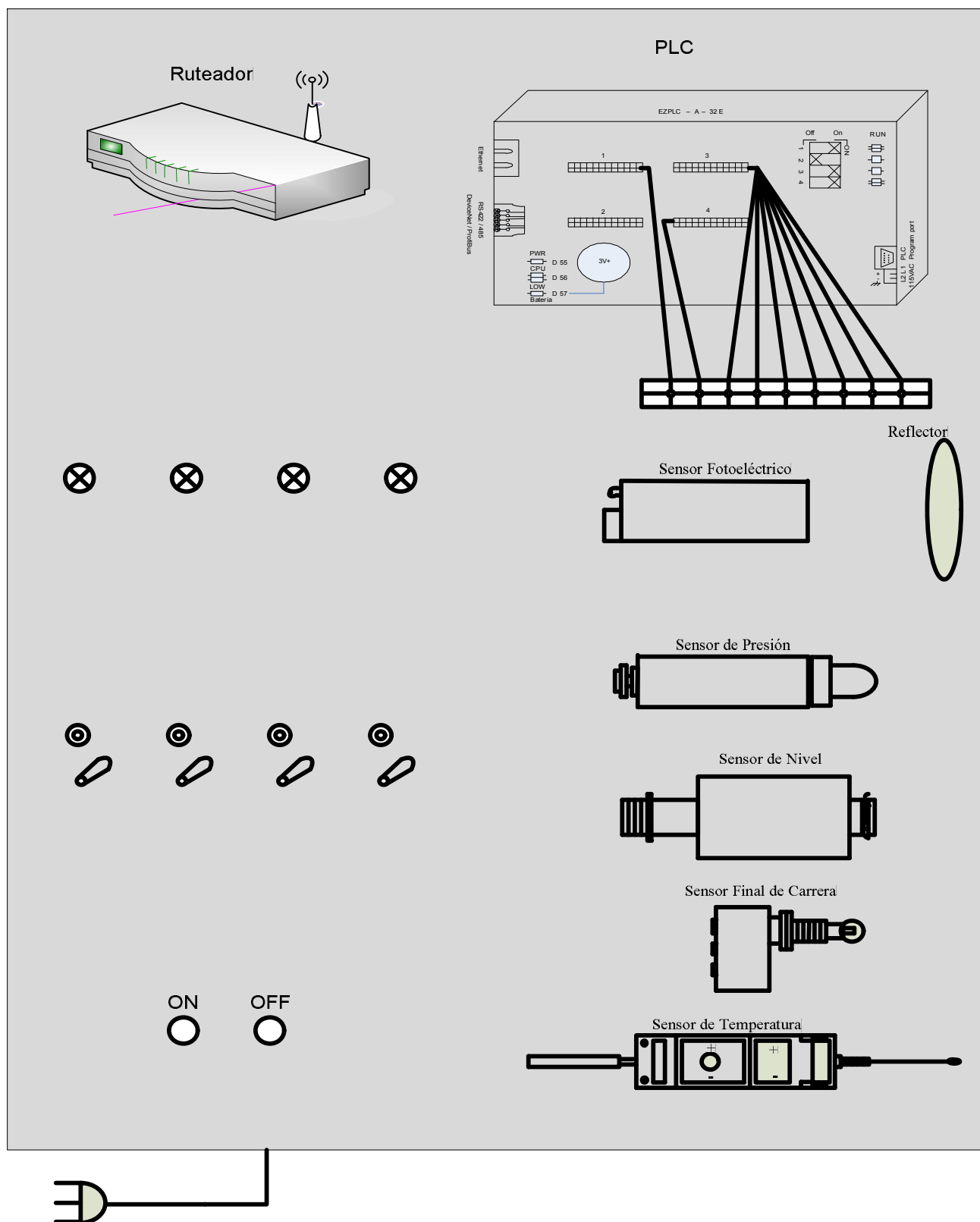


Figura 3.45 Elementos del Banco de Ensayos

### **3.5 Guía de prácticas de laboratorio.**

La presente guía de prácticas se la realizó con el fin de dar a conocer, la manera en que los diferentes elementos funcionan y las diversas aplicaciones que se pueden dar mediante las cuales se logran el contacto físico con los elementos y componentes existentes en el banco de ensayos.

Actualmente el banco de ensayos que se implementó en el laboratorio de automatización de la Facultad de Mecánica en la Escuela de Mantenimiento, este equipo dará al estudiante las herramientas indispensables para su desenvolvimiento en esta área y mediante estas guías de práctica se tendrá una orientación más amplia hacia el campo de la automatización industrial.

En las prácticas realizadas en el laboratorio de automatización de la Escuela de Mantenimiento se pudo comprobar la eficiencia de presente banco de ensayos el mismo que cuenta con una alta tecnología en cuanto a equipos automatizados.

Al realizar las prácticas se logró identificar los diferentes eventos que realizan los sensores digitales y comprobar la exactitud de la medición con que los sensores analógicos realizan.

Con las prácticas realizadas he querido dar un modelo del cual los estudiantes puedan guiarse para las respectivas prácticas que realizarán en el laboratorio, existe una infinidad de problemas que el presente banco de ensayos tiene la capacidad de resolver solo depende del personal a cargo que dará las órdenes para que el programa realizado en LabVIEW las controle dando soluciones inmediatas las cuales logran la eficiencia de todo un sistema automatizado.

En las prácticas que a futuro realizarán los estudiantes pueden hacerlo iniciando con el programa que he realizado en LabVIEW y posteriormente pueden realizar su propio programa de manera que se pueda ver su ingenio al resolver cualquier problema existente en un sistema automatizado y dando de esta manera una pronta solución a los problemas que se presentan.

Los diferentes laboratorios indican la manera en que el banco de ensayos ha sido utilizado para analizar los distintos eventos que se presentan en los sistemas.

## LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN No 1.

### TEMA: MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA.

#### OBJETIVOS:

- Instruir al estudiante en el procedimiento a seguir para la calibración del equipo, de acuerdo al tipo de material, y al sensor de temperatura a utilizar.
- Medir la temperatura del material en un rango de 20°C a 50°C y ver el grado de exactitud de la medición en el programa LabVIEW.

#### MARCO TEÓRICO:

El sensor de temperatura es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo una termocupla.

Los diferentes dispositivos de comunicación que en la actualidad existen como el protocolo Modbus TCP/IP y otros son herramientas que permiten una adecuada interpretación de diversos equipos conectados entre sí.

Los PLC al igual que la automatización van de la mano por su gran disponibilidad para el funcionamiento de los diferentes equipos que son automatizados. LabVIEW es un programa que se lo realiza de una forma grafica de tal manera que se puede controlar equipos por medio de la misma, gracias a su facilidad de programación se logra obtener buenos resultados en sus distintas aplicaciones.

#### EQUIPOS Y MATERIALES:

- Computador con conexión a internet o red inalámbrica.
- Ruteador.
- PLC con puerto para el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP.
- Sensor de temperatura (termocupla tipo T).
- Programa LabVIEW.
- Material a medir.

#### PROCEDIMIENTO:

- Abrir el programa LabVIEW a través de la computadora.
- Prender el banco de ensayos, y conectar el ruteador al PLC.
- Colocar el módulo EZIO-4THIE en M4 del PLC.
- Conectar en los pines del módulo los cables del sensor de temperatura.
- Ubicar el sensor de temperatura en el material a medir.
- Proceder a la medición.

#### RESULTADOS:

- Mediante el banco de ensayos se logro que el estudiante se identifique con los respectivos equipos utilizados, determinando el proceso a seguir mediante las explicaciones del mismo.
- El material que fue medido cumplió con el rango de medición establecido el mismo que se pudo controlar mediante el programa LabVIEW, y observar el grado de exactitud conseguida.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Mediante el presente laboratorio se pueden calibrar y fijar las condiciones de funcionamiento.
- No es muy costoso a comparación de otros equipos utilizados en el laboratorio.

<p style="text-align: center;"><b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN No 2</b></p>
<p><b>TEMA: MEDICIÓN DE LA PRESIÓN.</b></p>
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener la máxima exactitud en la medición de tal manera que se pueda regular, a través de la red de aire comprimido por medio del acople rápido para la entrada de presión.</li> <li>• Fortalecer los conocimientos del estudiante en campo de la automatización industrial mediante este laboratorio.</li> </ul>
<p><b>MARCO TEÓRICO:</b></p> <p>Los sensores siempre están en contacto con la variable a medir o a controlar. Recordando que la señal que nos entrega el sensor no solo sirve para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar, para tener una relación lineal con los cambios de la variable son censadas. Se puede utilizar LabVIEW para numerosas aplicaciones de control de procesos y automatización. Con LabVIEW puede realizar medidas y control de alta velocidad, para aplicaciones de automatización industrial complejas y a gran escala. Una red es una serie de puntos o nodos interconectados por algún medio físico de comunicación. La intercomunicación entre equipos permite no sólo el intercambio de datos, sino también compartir recursos de todo tipo. Las redes son el soporte para estas conexiones.</p>
<p><b>EQUIPOS Y MATERIALES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador con conexión a internet o red inalámbrica.</li> <li>• Ruteador.</li> <li>• PLC con puerto para el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP.</li> <li>• Sensor de presión.</li> <li>• Programa LabVIEW.</li> <li>• Red de aire comprimido.</li> </ul>
<p><b>PROCEDIMIENTO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrir el programa LabVIEW a través de la computadora.</li> <li>• Prender el banco de ensayos, y conectar el ruteador al PLC.</li> <li>• Colocar el módulo EZIO-4ANI4NOV en M1 del PLC.</li> <li>• Conectar en los pines del módulo los cables del sensor de presión.</li> <li>• Ubicar el sensor de presión en la red de aire comprimido por medio del acople rápido.</li> <li>• Proceder a la medición.</li> </ul>
<p><b>RESULTADOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A través del presente laboratorio se obtuvo buenos resultados sobre la medición de la presión en PSI lo cual nos indica en el programa LabVIEW, está cumpliendo las expectativas, controlado cuanta presión queremos que llegue y logrando de esta manera tener una medición exacta.</li> <li>• Se logra que el estudiante adquiera nuevos conocimientos, de tal manera que los pueda aplicar en un futuro en el campo industrial, y de tal manera en su vida profesional.</li> </ul>
<p><b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para proceder a este laboratorio se debe poner en correcto estado de funcionamiento todo el equipo a ser utilizados.</li> <li>• Se recomienda tener cuidado con el equipo a controla.</li> <li>• Se debe tener en mente que se podría hacer en caso de no funcionar.</li> </ul>



### LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN No 3

#### TEMA: DETECCIÓN DE UN OBJETO POR MEDIO DEL SENSOR FOTOELÉCTRICO.

##### OBJETIVOS:

- Incentivar al estudian con el equipos que se ha diseñado para que habitualmente realice las diferentes practicas en el laboratorio.
- Detectar el objeto que pasa por el sensor fotoeléctrico.

##### MARCO TEÓRICO:

Los sensores tienen diversas características así las ponemos a consideración:

Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada. Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida. Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

El Modbus puede funcionar como un maestro (por ejemplo, un PC) y varios esclavos (por ejemplo, la medición y sistemas de control) que se van a conectar. Programación en LabVIEW su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación. Se pueden hacer (programas) relativamente complejos, muy difíciles de hacer con lenguajes tradicionales. Con LabVIEW pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatización de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, etc.

##### EQUIPOS Y MATERIALES:

- Computador con conexión a internet o red inalámbrica.
- Ruteador.
- PLC con puerto para el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP.
- Sensor fotoeléctrico.
- Programa LabVIEW.
- Objeto a ser detectado por el sensor.

##### PROCEDIMIENTO:

- Abrir el programa LabVIEW a través de la computadora.
- Prender el banco de ensayos, y conectar el ruteador al PLC.
- Colocar el módulo EZIO-4ACI4RLO en M3 del PLC.
- Conectar en los pines del módulo los cables del sensor fotoeléctrico.
- Ubicar el sensor de fotoeléctrico y el reflector en la posición deseada.

##### RESULTADOS:

- Localizar el sensor y el reflector en el lado opuesto, este tipo de ajuste se lo realiza para obtener buenos resultados.
- Se logra identificar los distintos elementos de tal manera que se los puede controlar mediante el programa LabVIEW obteniendo el resultado deseado.
- Al pasar el objeto por el sensor, se visualiza en el programa LabVIEW por medio de un foco.

##### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Mediante el banco de pruebas se ha logrado obtener un sistema automatizado.
- Se recomienda tener mucho cuidado con los respectivos elementos a manipular.

## LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN No 4

**TEMA: DETECCIÓN DEL NIVEL MÁXIMO DE LÍQUIDO UTILIZANDO EL SENSOR DE NIVEL.**

**OBJETIVOS:**

- Detectar el nivel del líquido que se encuentra en un recipiente.
- Determinar los parámetros que se deben seguir para el presente laboratorio.

**MARCO TEÓRICO:**

Los sensores digitales son aquellos que frente a un estímulo pueden cambiar de estado ya sea de cero a uno o de uno a cero (hablando en términos de lógica digital).

IP (Internet protocolo).- el protocolo de internet es un protocolo no orientado a la conexión, usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de estos a través de una red (internet) de paquetes conmutados. Los datos en una red que se basa en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente). En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes. Los programas hechos con LabVIEW se llaman VI (Instrumento Virtual), lo que da una idea de su uso en origen: el control de instrumentos. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de test, control y diseño) y el permitir la entrada a la informática a programadores no expertos.

**EQUIPOS Y MATERIALES:**

- Computador con conexión a internet o red inalámbrica.
- Ruteador.
- PLC con puerto para el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP.
- Sensor de nivel.
- Programa LabVIEW.
- Recipiente que contiene el líquido.

**PROCEDIMIENTO:**

- Abrir el programa LabVIEW a través de la computadora.
- Prender el banco de ensayos, y conectar el ruteador al PLC.
- Colocar el módulo EZIO-4ACI4RLO en M3 del PLC.
- Conectar en los pines del módulo los cables del sensor de nivel.
- Ubicar el sensor de nivel en el recipiente con el respectivo líquido.

**RESULTADOS:**

- Al llegar el líquido al máximo nivel se detecta una señal la misma que se la puede ver en el programa LabVIEW. mediante los focos que están conectados a la salida del módulo se simula una señal para prevenir el exceso de líquido.
- Se logrado determinar los parámetros de funcionamiento del presente equipo obteniendo los resultados deseados.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

- Tener a mano los distintos manuales del fabricante para poder realizar una buena práctica de laboratorio.
- Se cuidadosos en la ubicación del módulo y en la conexión de los cables.

## CAPÍTULO IV

### 4. PLAN DE MANTENIMIENTO.

#### 4.1 Elaboración del plan de mantenimiento.

Para el banco de ensayos en general se debe de dar una atención programada, y sistemática para realizar una inspección general, limpieza, ajustes que pueden prevenir fallas al equipo y pérdidas de tiempo productivo.

En el plan de mantenimiento se detallara específicamente el tipo de mantenimiento que se debe realizar al equipo construido, tomando en cuenta los procedimientos, específicos de mantenimiento que deben ser basadas en las recomendaciones del fabricante, para nuestro caso se ha desarrollado el siguiente programa de mantenimiento.

Al analizar el equipo, hemos visto en la necesidad de realizar el presente plan de mantenimiento el mismo que se lo hará de una forma mensual, semestral, y anual.

#### 4.2 Mantenimiento mensual.

- Revisar el estado en que se encuentra el PLC.
- Revisar el estado en que se encuentran los sensores tanto analógicos como digitales.
- Revisar el estado en que se encuentra los módulos.
- Revisar el estado en que se encuentra el ruteador.
- Comprobar el estado de funcionamiento de los programas para activar el equipo.
- Controlar que todos los elementos estén ubicados en sus respectivos puestos de manera que exista un adecuado funcionamiento.
- Estar pendiente de que el equipo tenga las condiciones adecuadas para su instalación.
- Revisar y asegurarse de que todas las conexiones de los cables no se hayan desconectado, de tal manera que cumplan con las especificaciones del fabricante.
- Ajustar las los cables que pudieran estar flojos.
- Realizar la respectiva limpieza de todos los elementos tanto internos como externos para su buen funcionamiento.

<b>Mantenimiento Mensual</b>				
Actividades	Tiempo en un mes			
	Primera Semana	Segunda Semana	Tercera Semana	Cuarta Semana
Revisar el estado en que se encuentra el PLC.	<b>X</b>			
Revisar el estado en que se encuentran los sensores tanto analógicos como digitales.			<b>X</b>	
Revisar el estado en que se encuentran los módulos.		<b>X</b>		
Revisar el estado en que se encuentra el ruteador.				<b>X</b>
Comprobar el estado de funcionamiento de los programas para activar el equipo.			<b>X</b>	
Controlar que todos los elementos estén ubicados en su respectivo puesto de manera que exista un adecuado funcionamiento.	<b>X</b>			
Estar pendientes de que el equipo tenga las condiciones adecuadas para su instalación.				<b>X</b>

**Tabla 4.1. Mantenimiento Mensual.**

#### **4.3 Mantenimiento semestral.**

- Inspeccionar todas las conexiones de los cables asegurando que no se haya desconectado, de tal manera que cumplan con las especificaciones del fabricante.
- Inspeccionar los sensores, su posición y ubicación en los módulos de tal manera que estén bien ubicados para su buen funcionamiento.
- Revisar que todos los sistemas estén bien conectados, y si no tienen buenas conexiones hacerlas para el buen funcionamiento.
- Revisar que todas las conexiones estén bien conectadas, reapretar las conexiones que estén flojas.

- Realizar una limpieza externa e interna de los elementos, para que esté libre de suciedades.

Mantenimiento Semestral						
Actividades	Tiempo en seis meses					
	Primer Mes	Segundo Mes	Tercero Mes	Cuarto Mes	Quinto Mes	Sexto Mes
Inspeccionar todas las conexiones de los cables asegurando que no se haya desconectado, de tal manera que cumplan con las especificaciones del fabricante	X					
Inspeccionar los sensores, su posición y ubicación en los módulos de tal manera que estén bien ubicados para su buen funcionamiento			X			
Revisar que todos los sistemas estén bien conectados, y si no tienen buenas conexiones hacerlas para el buen funcionamiento					X	
Revisar que todas las conexiones estén bien conectadas, reapretar las conexiones que estén flojas		X				
Realizar una limpieza externa e interna de los elementos, para que esté libre de suciedades				X		

**Tabla 4.2. Mantenimiento Semestral**

#### **4.4 Mantenimiento anual.**

- Revisar el estado de los componentes electrónicos con mediciones de voltaje.
- Realizar un control de los módulos y la conexión de los respectivos módulos en el PLC.
- Revisar las conexiones que sean las adecuadas en los distintos elementos al igual que en los programas.

- Darle una atención especial al funcionamiento de los programas de tal manera que se pueda ejecutar con éxito los mismos.

<b>Mantenimiento Anual</b>												
Actividades	Tiempo en un año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Revisar el estado de los componentes electrónicos con mediciones de voltaje.		X										
Realizar un control de los módulos y la conexión de los respectivos módulos en el PLC.					X							
Revisar las conexiones que sean las adecuadas en los distintos elementos al igual que en los programas.								X				
Darle una atención especial al funcionamiento de los programas de tal manera que se pueda ejecutar con éxito los mismos.												X

**Tabla 4.3 Mantenimiento Anual.**

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1 Conclusiones.

- Gracias al avance tecnológico en la actualidad la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a través de Facultad de Mecánica puede contar con equipos de alta tecnología los mismos que tienen una proyección hacia el futuro de cada estudiantes en el competitivo campo de la automatización industrial.
- El presente banco de ensayos cuenta con un equipo automatizado el mismo que fortalecerá los conocimientos del alumno, por medio de las diferentes prácticas de laboratorio dando así un paso muy importante en el avance de la tecnología.
- Este banco de ensayos desempeña un papel de gran importancia para la educación ya que cuenta con sistemas de avanzada tecnología, logrando así un amplio conocimiento para el estudiante, para que posteriormente pueda ser aplicado con eficiencia en el área profesional.
- Con el banco de ensayos se lograra que el estudiante obtenga una visión más clara y amplia sobre las distintas aplicaciones que se pueden dar en la industria al ser participes en el laboratorio sobre el funcionamiento y control de los equipos.
- Este proyecto me ha permitido tener mayor conocimiento sobre los distintos parámetros que conforman el banco de ensayos, así como los sistemas de automatización, diverso tipos de sensores, protocolos de comunicación, programa LabVIEW, entre otros temas.
- Mediante un programa hecho en LabVIEW se ha podido controlar los diferentes elementos que conforman el banco de ensayos los cuales tienen diversas funciones y aplicaciones en el campo industrial, y hoy podemos contar con ellos en el laboratorio de automatización de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.
- Por medio del protocolo TCP/IP Modbus se ha logrado la comunicación de los diferentes elementos del banco de ensayos, con el computador y a través del programa realizado en LabVIEW se efectúa el control automatizado del mismo.
- El presente banco de ensayos es un aporte para el aprendizaje de los futuros Ingenieros de Mantenimiento, logrando así fortificar los conocimientos en los diferentes temas expuestos en esta tesis.

- En el presente trabajo se ha puesto en práctica los conocimientos adquiridos durante la carrera y se ha logrado alcanzar nuevos conocimientos los cuales serán de gran aporte para el buen desempeño en la vida profesional.

## **5.2 Recomendaciones.**

- Recomendando leer los capítulos 3 y 4 escritos en esta tesis, en los cuales se encuentran detallados como realice el montaje del banco de ensayos y la manera como se controla los diferentes elementos mediante el programa realizado en LabVIEW.
- Revisar los manuales del fabricante para dar un adecuado uso a los distintos elementos y componentes que constituyen el banco de ensayos, de tal manera que se pueda evitar daños posteriores al mismo.
- Se recomienda leer los códigos de los módulos antes de ser insertados en el LC, ya que estos son de iguales características físicas y se prestan para que exista confusión en el momento de incorporarlos al PLC.
- También se debe verificar en que módulo se ubican los sensores puesto que cada uno de ellos tiene su propio módulo que previamente se lo ha configurado en el programa del PLC, para ser controlado por medio del programa LabVIEW.
- Antes de prender el equipo se debe conectar los sensores en los distintos módulos del PLC, asegurando que estén en la ubicación correcta de acuerdo a lo ya se programo en el PLC.
- Es muy importante saber la dirección IP, que se debe poner cuando configuramos el PLC y en el programa LabVIEW, mediante esta dirección los equipos se comunican.
- Poner en práctica el programa de mantenimiento, semanal, semestral, anual, logrando así la eficiencia del equipo y por lo tanto alargando la vida útil del mismo.



## **BIBLIOGRAFÍA**

RUIZ, Andrés. Implementación de Una Red Modbus /TCP. Santiago de Cali; 2002. (Tesis)

## LINKOGRAFÍA

INFORMÁTICA MILENIUM.

[www.informaticamilenium.com](http://www.informaticamilenium.com)

2008-02-12

WIKIPEDIA FOUNDATION

[www.es.wikipedia.org.com](http://www.es.wikipedia.org.com)

2008-02-15

ANGELFIRE

[www.angelfire.com](http://www.angelfire.com)

2008-02-17

MONOGRAFÍAS.COM S.A.

[www.monografias.com](http://www.monografias.com)

2008-02-20

EL ESPECIALISTA EUROPEO EN EL MUNDO DE LA CONECTIVIDAD SERIE  
ASINCRIÓNICA

[www.s-connect-españa.com](http://www.s-connect-españa.com)

2008-02-22

ELECTRICITY METERING-U.S.A

[www.itron.com](http://www.itron.com)

2008-03-04

WIKIPEDIA FOUNDATION, INC

[www.es.wikipedia.org.com](http://www.es.wikipedia.org.com)

2008-03-10

PROTOCOLOS

[www.dte.upct.es.com](http://www.dte.upct.es.com)

2008-03-15

AUTOMATIZACIÓN

[www.dei.uc.edu.py.com](http://www.dei.uc.edu.py.com)

2008-01-15

## AUTOMATIZACIÓN

[www.sc.ehu.es.com](http://www.sc.ehu.es.com)

2008-02-10

## AUTOMATIZACIÓN

[www.sifunpor.tripod.com](http://www.sifunpor.tripod.com).

2008-03-16

## LABVIEW

[www.wikipedia.org.com](http://www.wikipedia.org.com)

2008-03-29

## QUE ES LABVIEW

[www.labview.tk.com](http://www.labview.tk.com)

2008-04-05

## MANUALES OMEGA

[www.omega.com](http://www.omega.com)

2008-01-09

## INTRODUCCCIÓN A LABVIEW

[www.ni.com](http://www.ni.com)

2007-10-03

**ANEXOS**

## **ANEXO 1**

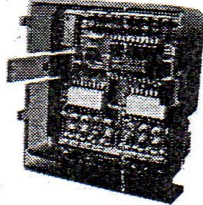


# EZI/O Module Installation and Wiring

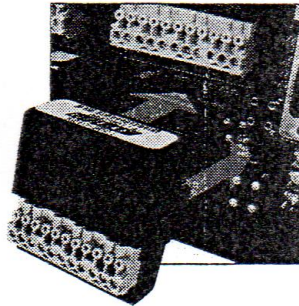
## Inserting and Removing I/O Modules

### Insert I/O Modules

EZI/O modules have two clips and a molex connector which snap into EZTouchPLC, EZTextPLC, or EZPLC bases. Make sure the male molex connector is aligned to the female counterpart on the base.

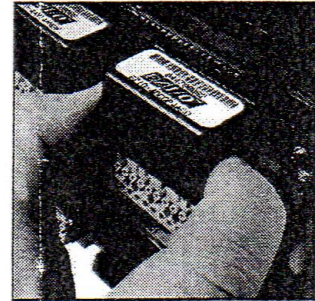


Back side of EZI/O module



### Remove I/O Modules

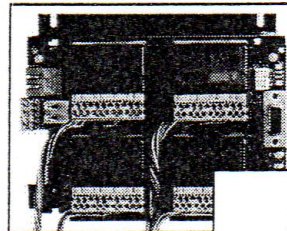
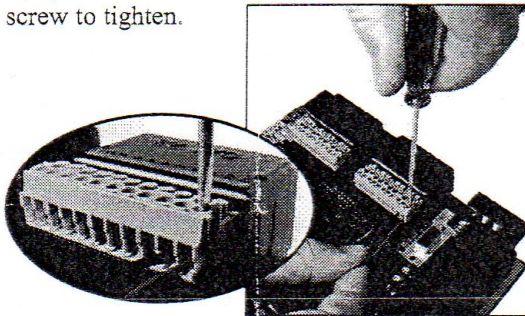
Removed from the slots by pressing the two clips inward on the sides of the module to release the clips from the base. You may need to use your thumb to apply enough force.



## Removable Terminal Block and EZ Wiring

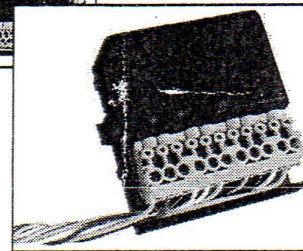
### Wiring EZI/O Modules

Simply insert the wire and screw to tighten.



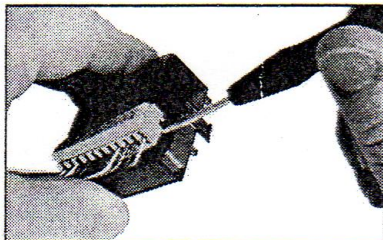
### Wiring Duct

EZI/O modules are equipped with wiring trays for proper routing of wires.



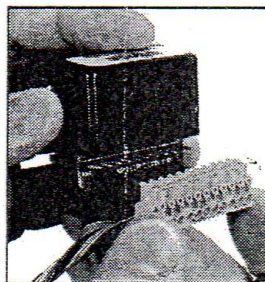
### Removing Terminal Blocks

As EZI/O was built to withstand industrial environments, terminal blocks have a very snug fit on the module. Slip the edge of the screwdriver under the terminal block and lift to pop off.

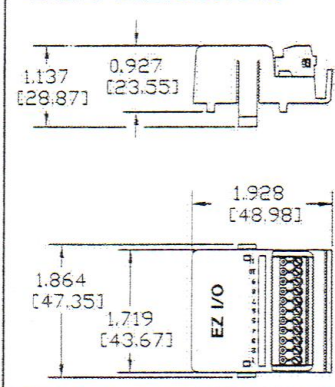


### Inserting Terminal Blocks

Eliminate rewiring your terminal block anytime you need to swap out a module.



### EZI/O Dimensions



Number of Wires Allowed in Each Terminal	
1	14 AWG
2	18 AWG
4	22 AWG

### Wiring Capabilities

UL rated at 300 volts, 10 amps 14 AWG

### Screwdriver Required

EZI/O terminal blocks require a 2.5mm blade screwdriver. You can purchase these screwdrivers from us at a price of \$5.00 under part # EZIO-SCDRV for a pack of two.

## ANEXO 2



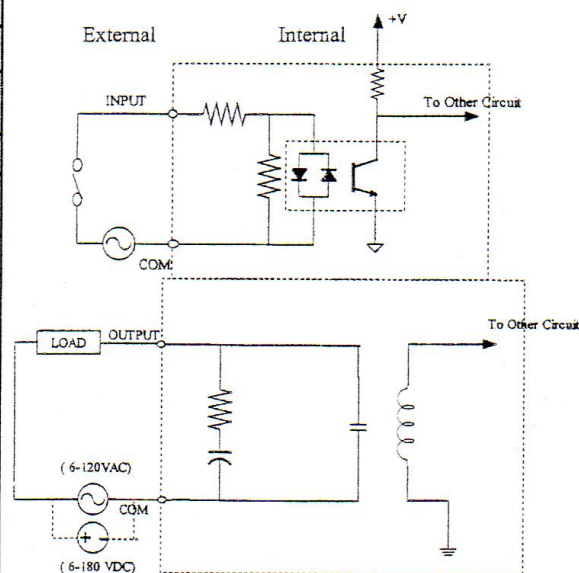


# EZIO-4ACI4RLO

4 pt. 110 AC In/4 pt. Relay Out Module with built-in Electromagnetic shield

Module Specifications		
AC Input Specs	Number of Inputs	4
	Input Voltage Range	70-132 VAC
	AC Frequency	47-63 Hz
	Peak Voltage	180 Volt
	Input Current	0.5mA @ 110 VAC
	Maximum Input Current	0.6mA @ 132 VAC
	Input Impedance	200K
	ON Voltage Level	70 VAC
	OFF Voltage Level	40 VAC
	OFF to ON Response	< 10ms
	ON to OFF Response	< 10ms
	Status Indicators	Red LED for each input
	Commons	1 Common
	Fuse	No fuse
	Base Power Required (3.3V)	10mA for all 4 on
	Optical Isolation	2500 Volt
	Wires	1 of 14 AWG, 2 of 18 AWG, 4 of 22 AWG
Relay Output Specs	Number of Outputs	4
	Output Voltage Range	5-180 VDC or 20-132 VAC
	Output Type	Relay 1 Form A (SPST)
	Output Terminals Consumed	5
	Peak Voltage	180 VDC/200 VAC
	AC Frequency	47-63 Hz
	Maximum Current (resist.)	1A/point
	Maximum Leakage Current	0.5mA @ 130 VAC @ 60Hz
	ON Voltage Drop	1.5V @ 1 Amp
	Maximum Switching Current	0.5A
	Electromagnetic Shield	2 pF between contact and shield
	Dielectric Strength	250V between contacts, 1500V between contacts and shield
	OFF to ON Response	≤1ms (typical)
	ON to OFF Response	≤1ms (typical)
	Status Indicators	Red LEDs
	Commons	1
	Base Power Required (3.3V)	25mA

Pinout Information	
Pin No.	EZIO-4ACI4RLO
1	Input(1)
2	Input(2)
3	Input(3)
4	Input(4)
5	Customer_COM (GND)
6	Output(1)
7	Output(2)
8	Output(3)
9	Output(4)
10	Customer_COM (GND)
11	Not Connected





### ANEXO 3

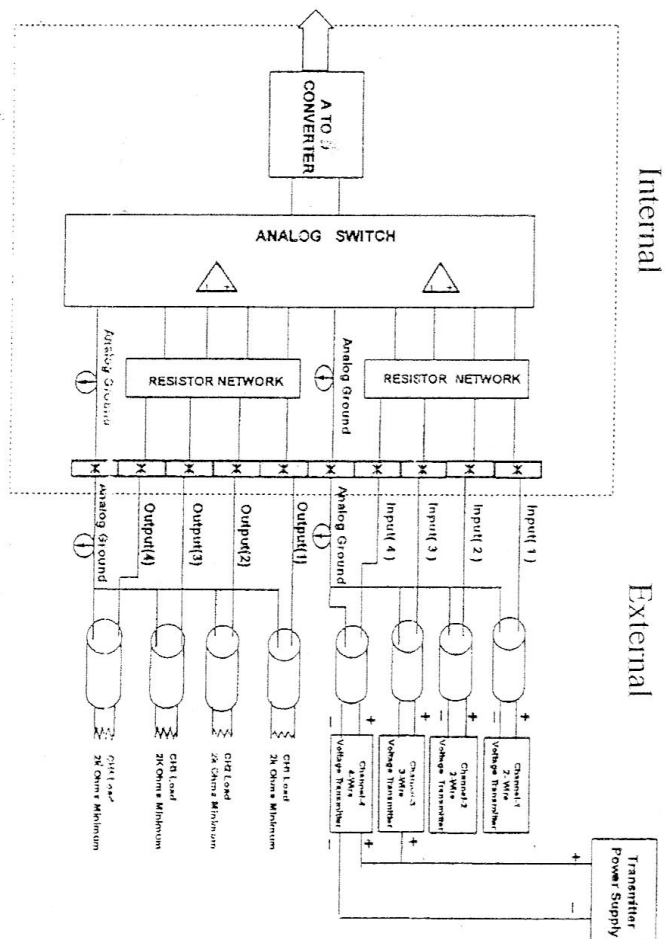


# EZIO-4ANI4ANOV

## 4 pt. Analog In/4 pt. Analog Out Module (Voltage)

Module Specifications		
Analog Voltage Input Specs	Number of Channels	4 single ended
	Input Range	0-5, 0-10V DIP switch selectable
	Resolution	12 bit (4 in 4 or 6)
	Step Response	200 $\mu$ s to 95% of FS
	Crosstalk	1/2 count max, -80db
	Input Impedance	>20K $\Omega$
	Absolute Max Ratings	$\pm 15$ V
	Converter Type	successive approximation
	Linearity Error (end to end)	$\pm 2$ count
	Input Stability	$\pm 2$ count
	Gain Error	$\pm 2$ counts
	Offset Calibration Error	$\pm 5$ counts
Analog Voltage Output Specs	Max Inaccuracy	$\pm 0.2\%$ at 25°C, $\pm 0.4\%$ at 0-60°C
	Accuracy vs. Temperature	$\pm 50$ ppm/°C typical
	Number of Channels	4 single ended (1 common)
	Output Range	0-5 VDC, 0-10 VDC (DIP switch selectable)
	Resolution	12 bits (1 in 4096)
	Conversion Setting Time	100 $\mu$ s for FS
	Crosstalk	1/2 count max, -80db
	Peak Output Voltage	$\pm 18$ VDC
	Offset Error	$\pm 0.15\%$ of range
	Gain Error	$\pm 0.3\%$ of range
	Linearity Error (end to end)	$\pm 1$ count
	Output Stability	$\pm 2$ counts
	Load Impedance	2k $\Omega$ min.
	Load Capacitance	.01 microF max
	Accuracy vs. Temperature	$\pm 50$ ppm/C typical

Pinout Information	
Pin No.	EZIO-4ANI4ANOV
1	Output(1)
2	Output(2)
3	Output(3)
4	Output(4)
5	Customer_COM (Analog GND)
6	Input(1)
7	Input(2)
8	Input(3)
9	Input(4)
10	Customer_COM (Analog GND)
11	Not Connected



## **ANEXO 4**

August 2007

## Specifications

Operating Speed	0.01m/second to 1m/second
Operating Frequency	120 Operations/minute
Mechanical	20 Operations/minute
Electrical	
Mechanical Life	3,000,000 Operations minimum
Electrical Life	500,000 Operations minimum
Contact Resistance	15m Ohms maximum, initial
Insulation Resistance	100m Ohms minimum @ 500V DC
Dielectric Strength	
Between Non-current Carrying Parts	1000V AC, 50/60 Hz for 1 minute
Between Current Carrying Parts and Ground	2000V AC, 50/60 Hz for 1 minute
Ambient Operating Temperature	
Basic	-13° to 176°F (-25° to 80°C)
Enclosed	5° to 176°F (-15° to 80°C)
Environmental Rating	
Enclosed, Booted	NEMA 1
Mounting Centers	1.0 in (25.4 mm), #8 screw size
Terminal Screws	Bottom facing M4 x 0.7 (8 - 32) — Screws with cup washers will accept 22 - 12 AWG (2.5 sq. mm maximum) Maximum Torque: 10 in-lbs.
Threaded Bushing	15/32 in
Material of Construction	Mineral filled phenolic
Enclosure Rating	Aluminum die casting (ADC-3/A380); Seal boot: Nitrile, butyl rubber (NBR)
Conduit Fitting On Enclosed Type	1/2 inch NPT

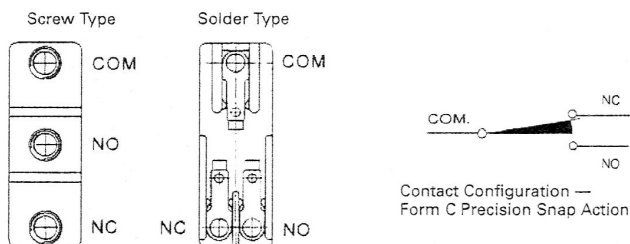
## Ratings

Model	Rated Voltage (V)	Non-inductive Load (A)			Inductive Load (A)			Inrush Current (A)	
		Resistive Load	Lamp Load		Inductive Load	Motor Load		N.C.	N.O.
			N.C. and N.O.	N.C.	N.O.	N.C. and N.O.	N.C.	N.O.	
15A	125V AC	15	3	1.5	15	5	2.5	30 Max.	15 Max.
	250V AC	15	2.5	1.25	15	3	1.5		
	500V AC	3	1.5	0.75	2.5	1.5	0.75		
	8V DC	15	3	1.5	15	5	2.5		
	14V DC	15	3	1.5	10	5	2.5		
	30V DC	6 (2)	3	1.5	5	5	2.5		
	125V DC	0.4	0.4	0.4	0.05	0.05	0.05		
20A	250V DC	0.2	0.2	0.2	0.03	0.03	0.03	60 Max.	30 Max.
	125V AC	20	7.5	7.5	20	12.5	12.5		
	250V AC	20	7.5	7.5	20	8.3	8.3		
	500V AC	6	4	4	5	2	2		
	8V DC	20	3	1.5	20	12.5	12.5		
	14V DC	20	3	1.5	15	12.5	12.5		
	30V DC	6	3	1.5	5	5	5		
	125V DC	0.5	0.5	0.5	0.05	0.05	0.05		
	250V DC	0.25	0.25	0.25	0.03	0.03	0.03		

① Inductive load has a power factor of 0.04 minimum (AC) and a time constant of 7 m/second (DC).

② Lamp load has an inrush current of 6 times steady-state current.







## Terminal Configurations



(Spade type not shown, available on some models)

## ANEXO 5

## Model Selection — Compatible Connector Cables ①

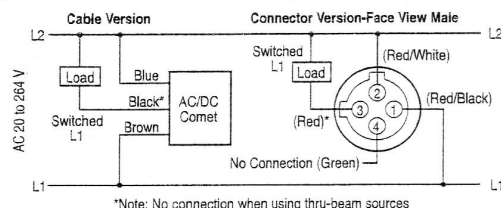
Model Selection — Compatible Connector Cables								Pin Configuration/Wire Colors (Face View Female Shown)
	Voltage Style	Number of Pins	Gauge	Length	Catalog Number			
					PVC Jacket	PUR Jacket	IRR PUR Jacket	
Standard Cables — Micro Style								
 Micro Style Straight Female	AC	3-pin 3-wire	22 AWG	6.0 feet (2m)	CSAS3F3CY2202	CSAS3F3RY2202	—	 1-Green 2-Red/Black 3-Red/White
		4-pin 4-wire	22 AWG	6.0 feet (2m)	CSAS4F4CY2202	CSAS4F4RY2202	CSAS4F4IO2202	 1-Red/Black 2-Red/White 3-Red 4-Green
	DC	4-pin 4-wire	22 AWG	6.0 feet (2m)	CSDS4A4CY2202	CSDS4A4RY2202	CSDS4A4IO2202	 1-Brown 2-White 3-Blue 4-Black
	Voltage Style	Number of Pins	Gauge	Length	Catalog Number		Pin Configuration/Wire Colors (Face View Female Shown)	
Standard Cables — Mini Style								
 Mini Style Straight Female  Current Rating @ 600V 3-pin: 13A	—	3-pin	16 AWG	6 feet (2m)	CSMS3F3CY1602		 1-Green 2-Black 3-White	

① For a full selection of connector cables, see **Section 10**.

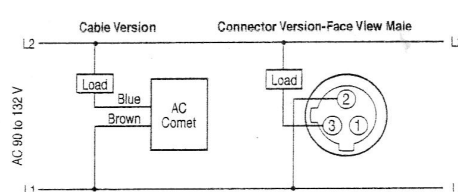
□ Stocked product, typical order quantities guaranteed in stock.

## Wiring Diagrams

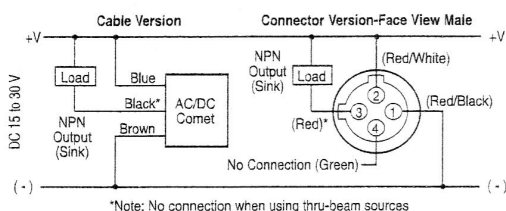
## AC/DC Models (AC Connection)



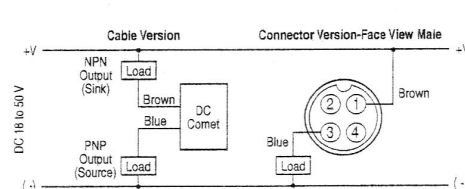
## AC Models (AC Connection)



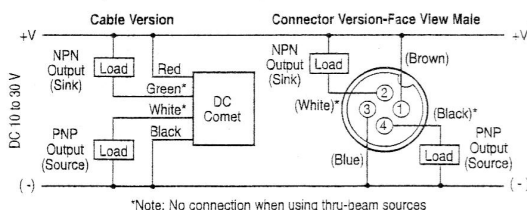
## AC/DC Models (DC Connection)



## DC Models (DC Connection)



## DC Models (DC Connection)



**CAUTION:** AC/DC connector version sensors use an AC-type connector. Use of DC power with AC-type connectors may not conform with established standards.

**NOTE:** For connector versions, the pin numbering and color codes shown are typical of several manufacturers. However, variations are possible. In case of discrepancies, rely on function indicated and pin location rather than pin number or color code.

## **ANEXO 6**

# CERTIFICATE OF CONFORMANCE 0 TO 5 VDC DOCUMENT A012503

**PX 309, 319, 329  
0 TO 5VDC  
PRESSURE  
SENSOR**

## MODEL NUMBER INTERPRETATION

PART # :	PRODUCT SERIES	ELECTRICAL CONNECTOR			RANGE CODE			GAGE	ABSOLUTE	0 TO 5 VDC OUTPUT	PRESSURE RANGE	SUPPLY VOLTAGE	OUTPUT	COMPENSATED TEMPERATURE	THERMAL EFFECTS
		X1	X2	X3	X4	X5	X6								
	CABLE	3	0	9	0	0	1	G	NA	5V	1	9 TO 30	0 TO 5	0-50	4.5
	DIN	3	1	9	0	0	2	G	NA	5V	2	9 TO 30	0 TO 5	0-50	3
	BENDIX	3	2	9	0	0	5	G	A	5V	5	9 TO 30	0 TO 5	0-50	1.5
					0	1	5	G	A	5V	15	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					0	3	0	G	A	5V	30	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					0	5	0	G	A	5V	60	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					1	0	0	NA	A	5V	100	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					2	0	0	NA	A	5V	200	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					3	0	0	NA	A	5V	300	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					1	0	0	G	NA	5V	100	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					1	5	0	G	NA	5V	150	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					2	0	0	G	NA	5V	200	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					3	0	0	G	NA	5V	300	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					5	0	0	G	NA	5V	500	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
						1	K	G	NA	5V	1000	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
						2	K	G	NA	5V	2000	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
						3	K	G	NA	5V	3000	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
						5	K	G	NA	5V	5000	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					7	5	K	G	NA	5V	7500	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1
					1	0	K	G	NA	5V	10000	9 TO 30	0 TO 5	-20 TO 85	1

## GENERAL SPECIFICATION

INPUT	VDC SEE TABLE
OUTPUT	0 TO 5 VDC SEE TABLE
OVER PRESSURE	1 TO 50 PSI GAGE AND 5 TO 300 PSI ABSOLUTE: 3 TIMES RATED OR 20 PSI WHICHEVER IS GREATER
OR	100 TO 10,000 PSIG: 2 TIMES RATED PRESSURE
BURST PRESSURE	1 TO 50 PSI GAGE AND 5 TO 300 PSI ABSOLUTE: 5 TIMES RATED OR 25 PSI WHICHEVER IS GREATER
OR	100 TO 10,000 PSIG: 2 TIMES RATED PRESSURE
ACCURACY	COMBINED LINEARITY, HYSTERESIS AND REPEATABILITY ±0.25% FS
SETTING ACCURACY ZERO	±2.0% FS (±1.0% FOR 1 AND 2 PSI)
SETTING ACCURACY SPAN	±2.0% FS (±1.0% FOR 1 AND 2 PSI)
LONG TERM STABILITY	CALIBRATION IN VERTICAL DIRECTION WITH FITTING DOWN
DURABILITY	±0.25% FS TYPICAL (1 YEAR)
MEDIA COMPATIBILITY	10 MILLION MINIMUM
OR	PRESSURE RANGES LESS THAN OR EQUAL TO 50PSI GAGE 300PSI ABSOLUTE ; 016 ST ST
	PRESSURE RANGES 100PSI GAGE TO 10,000 PSI GAGE : 17.4 ST ST

## mV EXTERNAL WIRING CODES

	CABLE PX309	MINI DIN PX319	TWIST LOCK PX329
SUPPLY (+)	RED	PIN 1	PIN A
SUPPLY (-)	BLACK	PIN 2	PIN B
SIGNAL	WHITE	PIN 3	PIN C
NC*		PIN 4	PIN D
SPARE			PIN E
VENT			PIN F

\* FACTORY PIN: DO NOT CONNECT TO PIN

We certify that this sensor is in full conformance with all written specifications as contained in this data sheet.

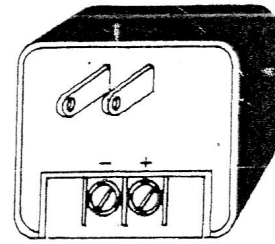
FILE0038



## ANEXO 7



**PSU-93**  
**Unregulated Power Supply**  
**Operator's Manual: M1388/1291**



**GENERAL DESCRIPTION**

The OMEGA PSU-93 plug-in power supply provides an unregulated 16-23 volt DC supply for electronic equipment.

**CAUTION: FOR INDOOR USE ONLY**

**SPECIFICATIONS**

<b>INPUT VOLTAGE:</b>	120V +/- 10%, 60 Hz.
<b>OUTPUT VOLTAGE:</b>	16 to 23 VDC (see graph and table below)
<b>CONNECTIONS:</b>	Screw terminals, up to 16 AWG, #6-32 screws
<b>AMBIENT OPERATING TEMPERATURE:</b>	32 to 122°F (0 to 50°C)
<b>DIMENSIONS:</b>	2.20"W x 1.94"H x 1.90"D (55.9 x 49.3 x 48.3 mm)
<b>WEIGHT:</b>	7 oz. (199 grams)

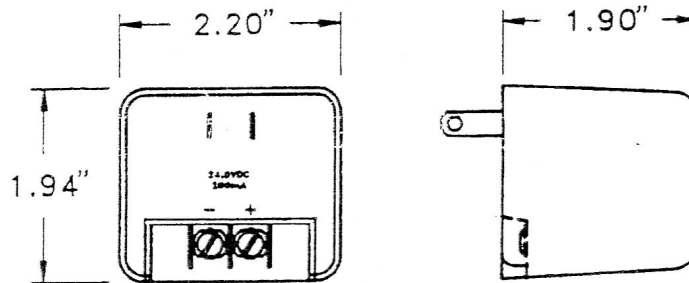


Figure 1. PSU-93 Power Supply

Input	105VAC	120VAC	130VAC
Output (mA)	Output VDC	Output VDC	Output VDC
No load 0	20.0	23.0	25.0
50	17.8	20.5	22.0
100	16.5	19.5	21.0
200	15.0	17.5	19.0
Full load 300	13.5	16.0	17.0

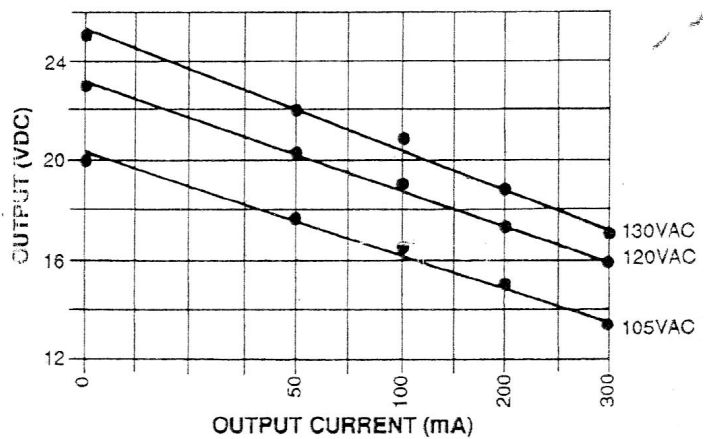


Figure 2. Output Voltage vs. Output Current

## ANEXO 8



## Instruction Manual: Comet® Series Reflex Sensors

Models covered in this manual:		AC/DC Models w/ Cable		AC/DC Models w/ Connector		DC-only Models w/ Cable		DC-only Models w/ Connector	
Style	Light Source	Forward	Right Angle	Forward	Right Angle	Forward	Right Angle	Forward	Right Angle
Sources	Infrared	14100A6513	---	14100AQD03	---	14100A6517	---	14100AQD07	---
	Visible Red	14102A6513	14102R6513	14102AQD03	14102RQD03	14102A6517	14102R6517	14102AQD07	14102RQD07
Polarized	Visible Red	14101A6513	14101R6513	14101AQD03	14101RQD03	14101A6517	14101R6517	14101AQD07	14101RQD07



### WARNING

THESE PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, TESTED, OR RECOMMENDED FOR USE IN HUMAN SAFETY APPLICATIONS.

USE #4 MOUNTING HARDWARE ONLY! LARGER HARDWARE WILL DAMAGE THE SENSOR AND MAY CREATE AN ELECTRICAL SHOCK HAZARD. TIGHTEN THE HARDWARE JUST TO THE SENSOR BODY SO THAT NO DEFLECTION OF THE BODY OCCURS.

DURING INSTALLATION, CORRECT POWER CONNECTIONS MUST BE MADE FIRST TO ENSURE FAIL-SAFE SHORT CIRCUIT PROTECTION OF THE OUTPUTS. REFER TO THE WIRING DIAGRAMS IN THIS MANUAL.

DO NOT USE TOOLS TO APPLY TORQUE DIRECTLY TO SENSOR BODY. ALIGN SENSOR BY HAND BEFORE TIGHTENING MOUNTING HARDWARE.

THE GAIN AND LIGHT/DARK ADJUSTMENT POTS ARE 3/4 TURN POTS. ANY RESISTANCE ENCOUNTERED WHILE ADJUSTING THESE POTS INDICATES YOU HAVE REACHED THE ADJUSTMENT LIMIT STOP. TURNING PAST THIS STOP WILL DAMAGE THE SENSOR.

USE ONLY A SUITABLE ADJUSTMENT TOOL OR FLAT-BLADE SCREWDRIVER WHEN TURNING ADJUSTMENT POTS. SHARP OBJECTS CAN DAMAGE THE POT AND RESULT IN ELECTRICAL SHOCK.

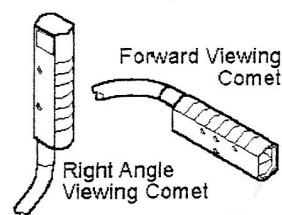
AC/DC CONNECTOR VERSION SENSORS ARE EQUIPPED WITH AN AC-TYPE CONNECTOR. THE USE OF DC POWER WITH AC-TYPE CONNECTORS MAY NOT CONFORM WITH ESTABLISHED STANDARDS, DO NOT USE DC POWER WITH AC/DC CONNECTOR VERSIONS OF COMET.

### INTRODUCTION

A reflex sensor has both a light source and detector in the same unit. The source sends a beam of light to a retroreflector which returns it back to the detector. A break in the light beam causes the sensor to change output state. 14100 models have an infrared light source, while 14101 and 14102 models have visible red sources. (Visible red can aid in alignment of the sensor with its retroreflector.)

Polarized models are used to reliably detect shiny targets that

may reflect the light beam back to the sensor instead of interrupting the beam. The polarizing filter conditions the beam so that light reflected off the retroreflector is detected, but light reflected by the target is not.

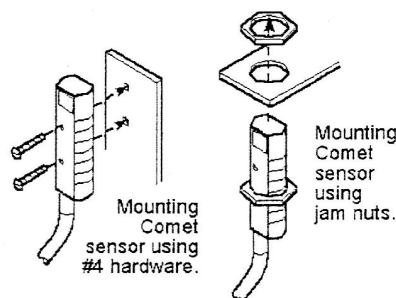


This manual covers both forward viewing and right angle viewing models. Although the units differ in the location of the lenses, the basic fundamentals of installation, set-up, and operation are nearly identical.

### MOUNTING

The Comet sensor features a threaded housing and includes jam nuts and washers. This allows mounting into any 0.75 inch hole or accessory brackets. Use caution to avoid cross-threading the jam nuts on the sensor body.

Tighten nuts to less than 4 N•m (36 in.-lbs. or 3 ft.-lbs.) torque to avoid stripping threads.



A second mounting method is to use #4 hardware in the 0.125 inch diameter mounting holes in the flat sides of the sensor. This is ideal for mounting the Comet against a wall, piece of equipment, rail, mounting bracket, etc.

## USING RETROREFLECTIVE TAPE

Retroreflective tapes can have vastly different properties than corner-cube reflectors. Polarized reflex sensors will not function with some types of tape. Also, signal strength can drop dramatically as the distance between tape and sensor is reduced. **If you are using a polarized sensor, or intend to mount the tape closer than 12 inches from the sensor, we recommend that you test your particular tape prior to installation.**

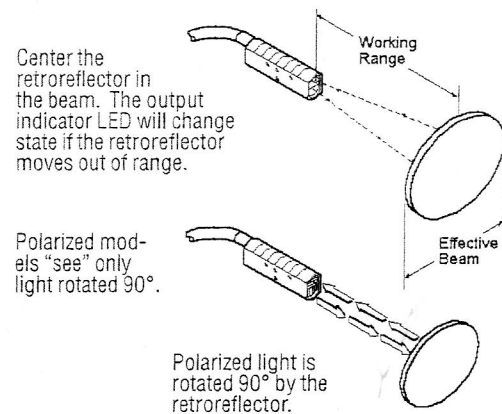
## MOUNTING LOCATION AND SETUP

Locate the sensor and retroreflector on opposite sides of the target. Ensure that the area of the target to be detected will block the entire beam.

With power applied to the sensor, aim the unit directly at the center of the retroreflector. Move the sensor back and forth in one plane to find the extreme positions where the LED goes "off" (for light-operate mode, or "on" for dark-operate mode). Position the sensor midway between the two extremes. Repeat this procedure for the other plane. After alignment, tighten all mounting screws. For visible red models, you can also look at the retroreflector with your eye as close to the sensor as possible and align the sensor until reflected light is brightest.

Adjustments are provided for gain and selection of light or dark operation. See Warning concerning pot adjustment.

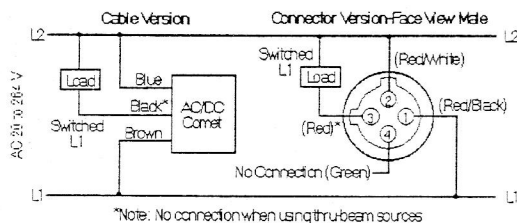
Stretch wrap material over a shiny surface may reflect enough light to false trigger a polarized reflex sensor. In this case, reduce the gain slightly or tilt the alignment axis of the sensor relative to the shiny surface.



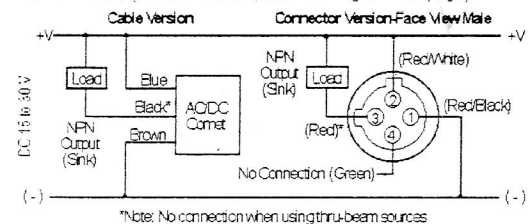
## WIRING DIAGRAMS

For wiring cable versions, the color codes shown are the actual wire colors emanating from the sensor. For connector versions, the pin numbering and color codes shown are typical of several manufacturers, however, variations are possible. **In case of discrepancies, rely on function indicated and pin location rather than pin number or color code.**

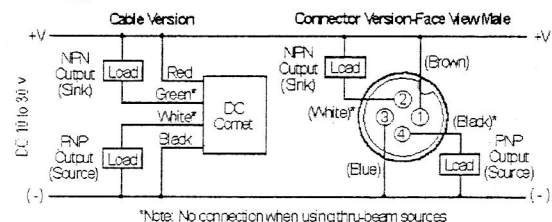
AC/DC Models (AC Connection)



AC/DC Models (DC Connection; see warning on first page)



DC Models



## OPTICAL PERFORMANCE

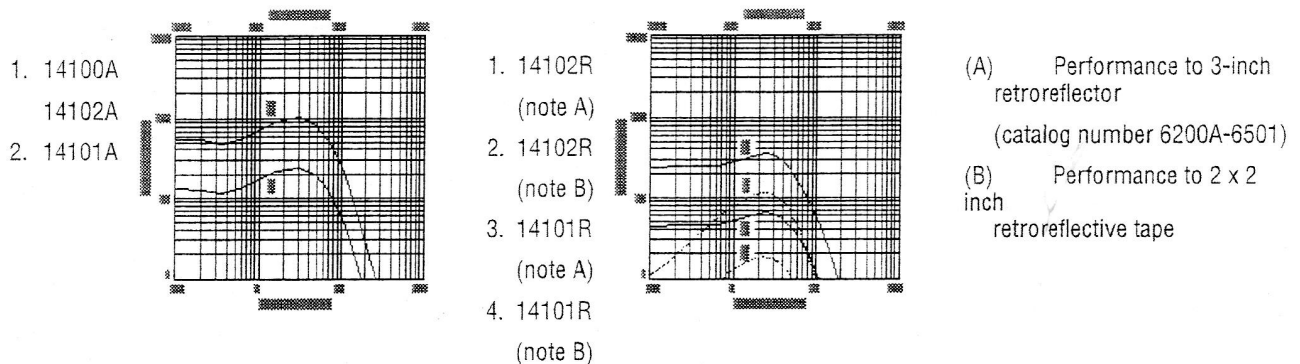
All optical specifications are guaranteed to be the minimum performance under clean conditions of any product delivered from stock. Typical performance may be higher.

Dirt in the environment will affect optical performance by reducing the amount of light the control receives. For best results, sensors should be used at distances where excess

gain is higher than 1.5 (1.5 times the amount of sensing power required to detect an object under ideal conditions). Higher excess gain will allow the sensor to overcome higher levels of contamination on the lens.

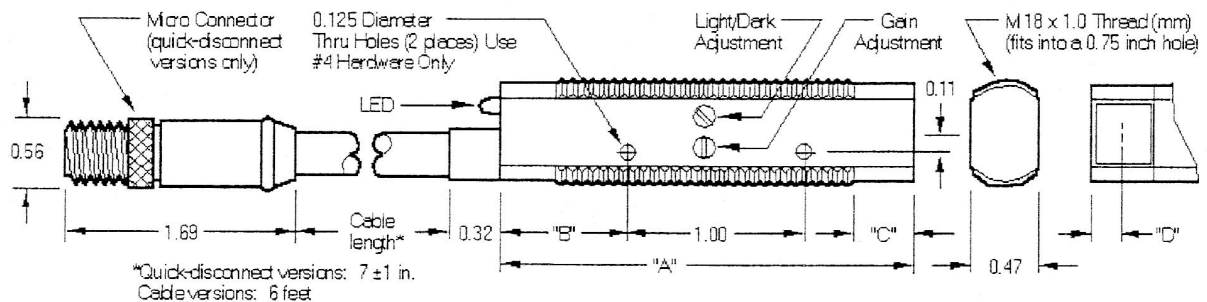
Unless noted, all ranges and excess gain graphs are based on a 3-inch diameter retroreflector.

	14100A	14101A	14101R	14102A	14102R
Source	Infrared, 880 nm	Visible red, 680 nm	Visible red, 680 nm	Visible red, 680 nm	Visible red, 680 nm
Maximum Range	25 feet	15 feet	10 feet	25 feet	15 feet
Optimum Range	0 to 15 feet	0 to 10 feet	0.1 to 5 feet	0 to 15 feet	0.1 to 10 feet
Field of View	1 inch diameter at 4 feet				



## APPROXIMATE DIMENSIONS (Shown in inches except where noted)

Sensor Type	A	B	C	D	Lt/Dk Adjust	Gain Adjust
14100A, 14102A	2.60	0.60	0.25	n/a	Yes	Yes
14101A	2.64	0.60	0.29	n/a	Yes	Yes
14101R, 14102R	3.00	0.60	0.70	0.20	Yes	Yes



## SPECIFICATIONS

	AC/DC MODELS (AC Operation)	AC/DC MODELS (DC Operation)	DC-ONLY MODELS
Input Voltage	20 to 264 V ac, 50/60 Hz	15 to 30 V dc (15 to 24 V dc above 55° C/131° F)	10 to 30 V dc (10 to 24 V dc above 55° C/131° F)
Power Dissipation	1.5 W maximum	1.5 W maximum	1 W maximum
Output Type	VMOS (bi-directional)	NPN (sink)	NPN and PNP (dual outputs)
Current Switching Capacity	300 mA maximum	300 mA maximum	PNP (source): 100 mA maximum; NPN (sink): 250 mA max. (120 mA max. above 55° C/131° F)
Voltage Switching Capacity	375 V peak maximum	375 V peak maximum	30 VDC maximum
Off-State Leakage	250 $\mu$ A typical 500 $\mu$ A maximum	250 $\mu$ A typical 500 $\mu$ A maximum	10 $\mu$ A maximum
Surge Current	2 A maximum	2 A maximum	1 A maximum
On-State Voltage Drop	- - -	1.8 V at 10 mA; 3.5 V at 300 mA	NPN: 400 mV at 10 mA, 1.5 V at 250 mA; PNP: 2.4 V at 100 mA
Response Time	10 mS		1 mS
Short Circuit Protection	Sensor will turn off immediately when a short or overload is detected (Indicator LED will flash). <b>IMPORTANT:</b> During installation, correct power connections must be made first to ensure fail-safe short circuit protection of the outputs.		
	Turn power OFF and back ON to reset.		Auto reset
Light/Dark Operation	Switch selectable		
Temperature Range	Operating and Storage: -40° to +70° C (-40° to +158° F)		
Material of Construction	Lens: Polycarbonate; Cable jacket: PVC; Body: Structural polyurethane foam (do not expose to concentrated acids, alcohols, or ketones)		
Cable/Connector	6-foot cable, 3-wire (ac/dc models), 4-wire (dc-only models); Micro Connector, 4-pin male		
Vibration and Shock	Vibration: 30 g over 10 Hz to 2 kHz; Shock: 100 g for 3 mS 1/2 sinewave pulse		
Indicator LED	Lights steady when output is ON, Flashes when short circuit protection is in latch condition		
Sunlight Immunity	10,000 foot-candles		
Enclosure Ratings	NEMA 1, 2, 3, 4, 4X, 6, 11, 12, and 13 14101R Sensor and all connectors NEMA 1 only (Our products conform to NEMA tests as indicated, however, some severe washdown applications can exceed these NEMA test specifications. If you have questions about a specific application, contact our Applications Department.)		
Approvals	UL recognized, CSA approved		


**EAT•N**

## ANEXO 9



**EZIO-4THIE \*****Enhanced Thermocouple Input Module**

Part Number: EZIO-4THIE

EZIO family offers two modules for interfacing to thermocouples:

- EZIO-4THI (not recommended for new applications)
- EZIO-4THIE

This document describes EZIO-4THIE module.

**Re-Order from****Omegamation™****1-888-55-66342****1-888-55-OMEGA****omegamation.com**

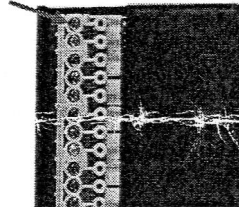
The module has following features:

- Up to 4 thermocouple inputs with user selectable thermocouple types on each input
- User programmable broken thermocouple detection
- User programmable units for temperature -- Centigrade, Fahrenheit or Kelvin
- Automatic Cold Junction Compensation (CJC) with Internal or External Sensor

**Wiring**

Pin #	Thermocouple Input Pin Functions	
	Internal CJC Sensor*	External CJC Sensor** (National LM19)
1	INPUT1 +	INPUT1 +
2	INPUT1 -	INPUT1 -
3	INPUT2 +	INPUT2 +
4	INPUT2 -	INPUT2 -
5	INPUT3 +	INPUT3 +
6	INPUT3 -	INPUT3 -
7	INPUT4 +	DO NOT USE
8	INPUT4 -	CJC Sensor Vout
9	DO NOT USE	CJC Sensor Vs+
10	DO NOT USE	DO NOT USE
11	DO NOT USE	CJC Sensor Gnd

Pin #1

CJC Sensor  
LM 19 Pin Out

TO-92



BOTTOM VIEW

\* CJC : Cold Junction Compensation

\*\* Only 3 thermocouple inputs are available when External CJC is used

**Which CJC Sensor, internal or external, to use?**

The module provides automatic cold junction compensation (CJC). It can use internal (default) or external temperature sensor for this purpose. With both sensor types, the module provides very repeatable temperature readings. You may select internal or external based on below given guidelines:

**Use Internal CJC Sensor:** If you need repeatable but not very accurate readings (typical +/- 6 deg C). This allows you to use 4 thermocouples with the module. Internal sensor is automatically used if external sensor is not selected for input #4.

**Use External CJC Sensor:** If you need repeatable as well as more accurate (max +/- 3 deg C) readings. You will need to use LM19 temperature sensor, and you can use only 3 thermocouples. **To use External Sensor, select "CJC Sensor (LM19)" for Input #4 type, in the configuration dialog box. (see below).**

### Specifications

Number of Channels: 4  
 Thermocouples supported: See table below  
 PLC Update Rate: All inputs every PLC scan  
 Base Power Required:  
     10mA @ 3.3 VDC supplied by base  
 Operating Temperature:  
     32° to 140°F (0° to 60°C)  
 Storage Temperature:  
     -4° to 158°F (-20° to 70°C)  
 Relative Humidity: 5 to 95% (non-condensing)  
 Environmental Air: No corrosive gases permitted  
 Vibration: MIL STD 810C 514.2  
 Shock: MIL STD 810C 516.2  
 Noise Immunity: NEMA ICS3-304

Cold Junction Compensation (CJC):  
     Automatic, Internal or External sensor  
 External CJC Sensor: LM19  
 Conversion Time: 1ms per channel  
 Warm-Up Time:  
     30 minutes typically ± 1°C repeatability  
 Linearity Error (End to End):  
     ± 1°C max. ± 0.5°C typical  
 Maximum Inaccuracy:\*  
     ± 3°C (excluding thermocouple error)  
 Replacement Terminal Block: EZIO-TERM11

\* When used with an external CJC sensor; with internal sensor, the inaccuracy may be larger, but readings still repeatable.

**Type of Thermocouple & ranges supported, and error values:**

Thermocouple Type	Range			Value reported with Open Thermocouple or incorrect configuration		
	Centigrade	Fahrenheit	Kelvin	Do not report	Low Value	High Value
J	-210°C to +1200°C	-346°F to +2192°F	63°K to 1473°K	Random	-32768 (0x8000)	+32767 (0x7FFF)
K	-200°C to +1372°C	-328°F to +2502°F	73°K to 1645°K	Random	-32768 (0x8000)	+32767 (0x7FFF)
S	-50°C to +1768°C	-58°F to +3214°F	223°K to 2041°K	Random	-32768 (0x8000)	+32767 (0x7FFF)
T	-200°C to +400°C	-328°F to +752°F	73°K to 673°K	Random	-32768 (0x8000)	+32767 (0x7FFF)
E	-200°C to +980°C	-328°F to +1796°F	73°K to 1253°K	Random	-32768 (0x8000)	+32767 (0x7FFF)
R	-50°C to +1768°C	-58°F to +3214°F	223°K to 2041°K	Random	-32768 (0x8000)	+32767 (0x7FFF)
B	250°C to +1820°C	482°F to +3308°F	523°K to 2093°K	Random	0 (0x0000)	65535 (0xFFFF)
N Ambient Temp	-200°C to +1300°C	-328°F to +2372°F	73°K to 1573°K	Random	-32768 (0x8000)	+32767 (0x7FFF)

*This selection would read modules's ambient temperature*

## Thermocouple Module Setup

To setup the module in EZPLC, follow these steps:

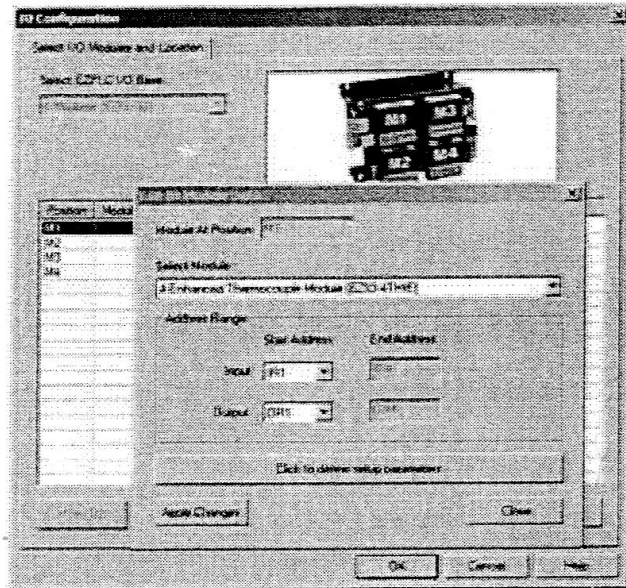
1. In I/O configuration select "4 Enhanced Thermocouple Module (EZIO-4THIE)" as shown below, and assign desired starting Input and starting output addresses:

The module takes up 4 input registers (IRs) and 4 output registers (ORs).

Input Registers return thermocouple readings.  
Output registers are used for configuration of respective thermocouple.

The starting Input Register is used for Input # 1, the next for Input# 2, etc. For example if the starting input address is IR1, then reading from thermocouple at input # 1 would be returned in IR1, from #2 in IR2, from #3 in IR3, and from #4 in IR4.

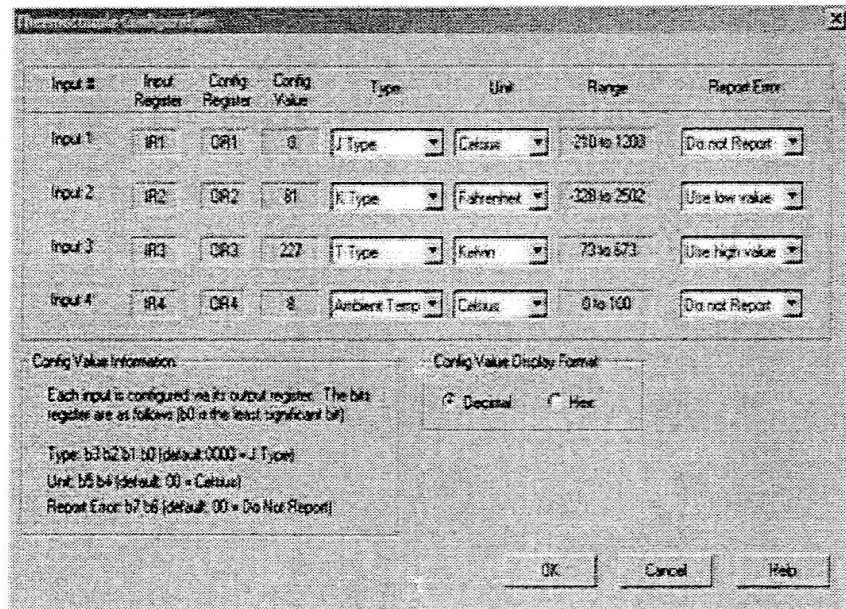
Similarly Starting OR would configure Thermocouple #1, and next OR would configure Input #2, and so on.



2. Click on "Click to define setup parameters. Following dialog comes up:

For each input, select Type of Thermocouple, Unit of measurement, and Option to report error (such as due to open thermocouple, wrong configuration, etc.). These choices create a config value that is written to corresponding OR registers when the program is written to EZPLC. These values can also be written or modified using ladder logic, but it may be easier to use the dialog box. That is all required to setup the module.

The programmable parameters, namely type, unit, and report error, as well as the computed config value, are described below:





### Type

Select the type of the thermocouple using this field. The possible choices are: J Type, K Type, S Type, T Type, E Type, R Type, B Type, N Type, Ambient Type. The display-only range field depends on the type of the thermocouple selected (along with the unit).

**For Input#4 ONLY:** If using external sensor for CJC, select "CJC Sensor (LM19)" for Input#4.

### Unit

Select the unit for measurement for each thermocouple. The possible choices are: Celsius, Fahrenheit and Kelvin. The display-only range field depends on the unit selected (along with the type of the thermocouple).

### Report Error

The Report Error function on the thermocouple module provides diagnostic capabilities to detect open or burnt thermocouple, or incorrect configuration (which can happen if the ladder logic writes an incorrect value to the config register). The following table describes the choices and the resulting actions. You can use these values in ladder logic to detect possible problems with the thermocouples or configurations.

Choice	Value Returned	
	All types EXCEPT B Type	B Type
Do Not Report	Interminate	Interminate
Use low value	-32768	0
Use high value	32767	65535

### Config Value

The computed ConfigValue (determined by above choices) is the value written to the config (output) register. Each thermocouple input is configured via its config register. The Config Value Display Format option allows you to display (in this dialog box) the config value in either decimal or hex. The actual config value depends on the selections made for the type, unit and report error as shown in the following table:

Bits in Config Registers	Determined by	Default value
Bit 3 – Bit 0	Thermocouple type	0000 (J -type)
Bit 5- Bit 4	Unit Selection	00 (Celsius)
Bit 7 – Bit 6	Report-Error Selection	00 (Do not report)

The values of bits for various selections can be seen from the configuration dialog box.

## ***Thermocouple Module Operation***

The Thermocouple provides 4 inputs for thermocouples. Each input can independently be configured by writing to the corresponding configuration register. The configuration can be done using the dialog box as described above. Alternately, the configuration can be done by writing appropriate values in the Output Registers of the module.

### **Tag Data Types**

In EZPLC, the ladder logic accesses memory using tags. Therefore, create tags for each of the Input (IR) and output registers (OR) associated with the module. Each tag has a data type to interpret the data values appropriately. Please follow the guidelines below for the tag data types for the module:

- Tags associated with the Output Registers (OR) must be declared `UNSIGNED_INT_16`
- Tags associated with the Input Registers (IR) must be of `SIGNED_INT_16` for all thermocouple types EXCEPT type B, in which case it should be `UNSIGNED_INT_16`.

### **Interpreting Temperature Values**

The thermocouple module provides temperature values with one digit after the decimal point. However, these values are presented as whole integer numbers, not as floating point or real numbers. The decimal point is implied.

Thus, if a reading from the module is 1234, it should be interpreted as 123.4, or alternately, if the temperature is 234.5 degrees (C or F or K), the input register would return a value of 2345.

### **Open Thermocouple detection**

The thermocouple module can detect open or burnt thermocouples. On detecting an open/burnt thermocouple, the module provides a lowest or highest possible value in the corresponding Input Register. The choice of low or high value is user-programmable. See the configuration dialog box, and specification to see the values returned for each thermocouple type.

### **External CJC Sensor Diagnostics**

The thermocouple module provides automatic cold junction compensation. The user has an option to use internal (default) or external temperature sensor for this purpose. If an external sensor is not selected in Module setup (see setup section), the internal option is automatically used.

The wiring of the 3-terminal external sensor is shown in the wiring section above. The reading in the input register corresponding to input #4 can be used to detect incorrect wiring of the sensor. If the reading is above 100 or below 0, the sensor may not be wired correctly.